MEDDELELSER

FRA

VESTLANDETS FORSTLIGE FORSØKSSTATION

BIND 4 — HEFTE 1

MEDDELELSE NR. 11
FRA
VESTLANDETS FORSTLIGE FORSØKSSTATION

SALPETERSYREDANNELSE I UDYRKET JORD

II. NITRIFIKATIONENS AVHÆNGIGHET AV VANDSTOFIONKONCENTRATIONEN

AV
TORBJØRN GAARDER OG OSCAR HAGEM

Utført med støtte av A.S. Norsk Varekrigsforsikrings Fond.

BERGEN 1928
A/S JOHN GRIEGS BOKTRYKKERI

„Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstation"

publiceres under redaktion av stationens bestyrer; forfatterne er selv ansvarlige for indholdet av deres avhandlinger.

Meddelelserne, der kommer som tvangfri hefter, gis fortløpende nummer; hefterne forenes til bind. De faas tilkjøps ved henvendelse til forsøksstationen. (Adr.: Bergens Museum, Bergen).

INDHOLD.

Side.

Kap. I. Undersøkelse av de indsamlede jordprøver 7
1. Prøvematerialet 9
2. Prøvenes vandindhold, glødetap og askeindhold 11
3. Prøvenes surhetsgrad og titreringskurver 17
4. Prøvenes indhold av NH_3 og NO_3 samt NO_3-produktion ved lagring 46

Kap. II. Nitrifikationens avhængighet av vandstofionkoncentrationen i væskekulturer 57
1. Metoder 57
2. Dyrket jord 59
3. Løvskogjord 89
4. Naaleskogjord 110
a) Granskog 110
b) Furuskog 113
5. Lyngjord 127
6. Myrjord 135
7. Arktisk jord (Svalbard) 138

Kap. III. Oversigt over nitrifikationens avhængighet av vandstofionkoncentrationen i væskekulturer og nitrifikationens forekomst i jord av forskjellig surhetsgrad 144

Literaturfortegnelse 169

Zusammenfassung der Ergebnisse 175

Kap. I. Undersøkelse av de indsamlede jordprøver.

I et tidligere arbeide (1921-a) har vi meddelt resultatene av vore undersøkelser over nitrifikationen i en række vestnorske jordtyper. Jordprøvenes nitrifikationsevne blev dengang bestemt dels ved saakaldte lagringsprøver, dels ved væskekulturer. Ved lagringsprøvene blev jorden fordelt paa Erlenmeyerkolber og hensat i termostat ved 25° C. i 30 dage og NO_3-indholdet derefter bestemt ved uttrækning med vand og phenolsvovlsyremetoden. Væskeforsøkene blev utført efter den vanlige metode med podning av 5 gr. jord til en næringsopløsning i Erlenmeyerkolbe og kvalitativ eller kvantitativ analyse av næringsopløsningen efter 30 (eller 60) dager. Som næringsopløsning anvendte vi i alle disse vore forsøk en 0.1 % opløsning av $(NH_4)_2\ SO_4$ tilsat smaa mængder (0.05 %) magnesiumsulfat og sekundært kaliumfosfat, nogen draaber av en 1 %'s $FeCl_3$-opløsning og endelig 0.2 gr. $CaCO_3$ pr. kolbe. Denne sidste tilsætning gjorde næringsopløsningens reaktion alkalisk med en pH = ca. 7.8—8.0. Følgen herav er at disse forsøk er i høieste grad elektive for bakterier som kan greie alkalisk reaktion, og igrunden sier de ikke noget om vedkommende jordprøves indhold av eventuelle nitrifikationsbakterier med krav til surt substrat. Vore forsøk viste allerede dengang flere uregelmæssigheter ved nitrifikationens forløp i disse væskekulturer, og da vi samtidig fandt en viss sammenhæng mellem jordens nitrifikationsevne og undergrundens geologiske karakter, blev der igangsat nye undersøkelser for at bringe paa det rene nitrifikationens avhængighet av substratets vandstofionkoncentration, og resultatene herav har vi meddelt i et arbeide (1921-b). Efter orienterende forsøk med forskjellige støtputeblandinger kom vi til det resultat at fosfatblandingen var den eneste brukbare, og de med denne utførte kulturforsøk gav det resultat, at nitrifikationsbakterier var i høieste grad avhængige av mediets vandstofionkoncentration. Vi fandt saaledes at nitritproduktionen i en ammoniumsulfatopløsning hadde en nedre grænse ved pH = 7.0, et optimum ved pH = 7.7—7.9 og en øvre, vanskeligere bestembar grænse ved pH = ca. 8.3—8.5. Nitratproduktionen i en nitritopløsning hadde derimot en nedre grænse ved pH = 6.5,

et optimum ved pH = 6.8—7.3 og en øvre grænse ved pH = 7.8—8.0. Disse to processer stillet altsaa helt forskjellige krav til mediets surhetsgrad, og det var av betydelig interesse at se, at den første av processene — nitritdannelsen — netop skaffet mediet den større vandstofionkoncentration som var nødvendig, for at den anden proces kunde komme i gang.

De saaledes fundne pH-grænser stemte imidlertid ikke overens med dem som blev angit av MEYERHOF i hans kort tid i forveien publicerte avhandlinger (1916—17), og der forelaa derfor den mulighet at der eksisterer flere racer av disse bakterier med forskjellige krav til mediets vandstofionkoncentration. For at prøve denne arbeidshypotese fortsatte vi vore forsøk, og i et nyt arbeide (1923) kunde vi, rigtignok kun paa grundlag av elektive forsøk med raakulturer, vise at der sandsynligvis eksisterer en række nitrificerende bakterier, og at disse har meget forskjellige krav til mediets vandstofionkoncentration. Vi fandt at der sandsynligvis var ikke mindre end 3 bakterieracer som oxyderte ammoniumsulfatopløsninger, nemlig først den ovenfor nævnte bakterie med optimum pH = 7.7—7.9 og nedre grænse 7.0—7.1, en bakterie som vi foreløbig betegner med α, og dernæst en bakterie β med optimum 6.8—7.0 og nedre grænse 6.6. Og endelig var der en bakteriestamme γ som nitrificerte optimalt ved pH = 6.5—6.6, og som hadde en nedre grænse ved pH = 6.0—6.1. Vi antydet ogsaa at der muligens var en fjerde bakterie, som hadde sit oxydationsoptimum ved pH = 7.0—7.2. Hertil kommer saa den før nævnte nitritoxyderende bakterie med optimum pH = 6.8—7.3.

Det var hermed ført bevis for at den bakterielle oxydation av ammoniumsulfat kan foregaa kraftig, under optimale betingelser saavel i sure opløsninger med pH = 6.5 som i alkaliske med pH = 7.7—7.9. Hertil kom at vi mente at kunne spore en nitrifikation i endnu surere opløsninger, med pH = 4.8—5.5—6.1, og da desuten MEEK og LIPMAN (1922) hadde fundet nitrifikation i meget sterkt alkaliske opløsninger, med pH = 12—13, blev det klart, at spørsmaalet om en jordtypes evne til at nitrificere ikke længer kunde ventes besvaret ved de almindelige podningsforsøk i WINOGRADSKYS opløsninger, hverken i deres oprindelige sammensætning eller i den av os (1921-a) tidligere foreslaaede modifikation.

Ved disse forsøk avgjør man nemlig kun om jorden indeholder de bakterier hvis pH-optimum falder sammen med eller i nærheten av Winogradskyopløsningens reaktion, altsaa pH = ca. 7.8—8.0. Bakterier som kun vokser i sure eller kun i sterkt alkaliske opløsninger vil her ikke komme frem, og det billede man faar av jordens indhold av nitrificerende bakterier, kan derfor være meget ufuldstændig. Det blir nødvendig at gaa over til en anden forsøksanordning, og vi har da valgt (1921-b) at prøve podning i en række fosfat-næringsopløsninger med pH-vær-

dier mellem 4.8—5.0 og 8.0. For at prøve endnu mere alkaliske opløsninger har vi desuten benyttet os av en kombination av fosfater og natriumhydroxyd og derved faat opløsninger med pH-værdier $\leqq$ 9.6.

Det arbeide, hvis resultater nedenfor skal fremstilles, har derfor hovedsagelig gaat ut paa podning av forskjellige karakteristiske jordtyper til en række næringsopløsninger med stigende pH-værdi og fortsat elektiv kultur i disse opløsninger for om mulig at isolere — foreløbig i raakultur — de forskjellige bakterieracer som maatte være istand til at oxydere ammoniumsulfat eller natriumnitrit. I tilknytning hertil har vi undersøkt jordprøvenes vandindhold, askeindhold og glødetap, bestemt deres aktuelle pH og titreringskurve og endelig deres nitrifikation under lagring uten og med tilsætning av $(NH_4)_2SO_4$. Ved disse forsøk haaber vi at kunne kompletere vore tidligere undersøkelser (1921—23) og gi en bedre oversigt over det bakterielle grundlag for nitrifikationen i en række typiske jordprøver.

1. Prøvematerialet.

I vort tidligere arbeide (1921-a) har vi fortrinsvis behandlet prøver av udyrket jord og kun for sammenlignings skyld medtat nogen faa prøver dyrket jord. Vort her fremlagte arbeide skal ogsaa først og fremst tjene til belysning av den udyrkede jords nitrifikation, men det har ogsaa denne gang været nødvendig at ta med og ganske indgaaende behandle en række prøver av dyrket jord, idet denne med sin kraftige nitrifikation gir et godt materiale av nitrifikationsbakterier til de senere behandlede elektive kulturer. Hovedmassen av vore tidligere undersøkte prøver var fra Vest-Norge, og materialet indeholdt kun faa typiske prøver fra Øst-Norge. Denne gang har vi imidlertid fundet det rigtigst at ta med et større utvalg karakteristiske jordtyper saavel fra Østlandet som Sørlandet og Trøndelagen og samtidig et antal typiske Vestlandsprøver. Vort samlede materiale omfatter saaledes hele det søndenfjeldske Norge og Trøndelagen og repræsenterer følgelig omraader med sterkt avvikende klimatiske betingelser for jordbundens biokemiske utvikling og karakter. Vi har paa den ene side de talrike prøver fra Vestlandets sterkt humide klima med overordentlig store nedbørhøider og et stort antal aarlige nedbørsdage, og paa den anden side prøvene fra Østlandet (Asker og Romerike) med relativ lav eller midlere nedbør og et langt mindre antal aarlige nedbørsdage. Vistnok har Østlandet ogsaa en relativt humid klimatype, men temperatur- og nedbørsforskjellen mellem disse to landsdeler er allikevel saa stor, at den betinger meget forskjellige jordtyper. Nedenfor er i tabel nr. 1 opført de vigtigste meteorologiske data for en del av de steder, hvor prøvematerialet er indsamlet.

Tabel 1. Temperatur og nedbør for de egne hvor prøver er indsamlet.
(Temperatur und Niederschlagssumme.)

Sted (Ort)	Aarlig nedbør (Jährliche Niederschlagssumme) mm.	Sommervarme (Sommerwärme) Juni—Sept. °C.	Middeltemperatur (°C.) (Mitteltemperatur) Juli	Februar
Trøndelagen (Trondhjem)..	900	12.4	14.0	÷ 2.9
Asker.....	900	15.0	17.0	÷ 4.5
V. Aker.....	700			
Tveitsund.....	900	14.5	16.0	÷ 2.2
Grimstad.....	1 100	14.3	16.0	÷ 0.9
Jæderen:				
Varhaug.....	1 200	13.6	15.0	+ 1.0
Bjerkreim.....	1 800			+ 0.5
Sveio.....	1 400	13.1	14.0	+ 1.2
Hardanger:				
Eide.....	1 700	13.3	14.8	0.0
Norheimsund.....	1 800			
Os — Fana.....	2 000	12.5	14.0	+ 0.3
Voss:				
Bulken.....	1 600	13.3	15.0	÷ 3.7

Som tabellen viser er der særlig med hensyn til nedbørmængde en meget stor forskjel mellem de egne, hvor prøver er indsamlet, og ved bedømmelsen av jordprøvenes egenskaper maa man ha dette for øie.

I vort tidligere arbeide (1921-a) har vi meddelt analyser for 111 prøver, fordelt paa 72 lokaliteter, og i det følgende er behandlet 31 prøver fra 26 lokaliteter; ialt er dermed undersøkt 142 prøver fra 98 lokaliteter.

Prøvene fordeler sig paa de forskjellige jord-typer som nedenfor vist.

	Prøver (Proben)	Lokaliteter (Lokalität)
Dyrket jord (Kultivierte Erde)	16	12
Løvskog (Laubwald)	39	28
Granskog (Fichtenwald)	10	6
Furuskog (Kieferwald)	26	15

Lyngmark (Heide)	38	28
Myrjord (Moorboden)	10	7
Jord fra Svalbard (Erdproben von Spitsbergen)	3	2
	142	98

Der er altsaa tat med for sammenlignings skyld 16 prøver dyrket jord, mens de øvrige 126 er av udyrket jord, dels skogjord, dels lyngmarkjord og desuten nogen faa prøver av myrjord.

Fordelt efter landsdelene blir der 117 prøver fra Vestlandet, 6 fra Sørlandet, 13 fra Østlandet, 3 fra Trøndelagen og endelig 3 fra Svalbard (Hopenøen).

2. Prøvenes vandindhold, glødetap og askeindhold.

Prøvenes indhold av »kapillært« vand er likesom i vort tidligere arbeide bestemt som vegttapet (i %) av 100 gr. frisk jord, der stod til tørring i flate glasskaaler ved 18—20° C. Det »hygroskopiske« vand blev bestemt (i %) i 20 gr. lufttørret jord, som blev tørret ved 100—105° C. til konstant vegt. Vi opførte tidligere værdiene for hygroskopisk og kapillært vand hver for sig, men har i dette arbeide kun anført det samlede vandindhold (hygrosk. + kapill.) i % av frisk jord. Glødetapet er bestemt ved forsigtig glødning av den ved 100—105° tørrete jord, og gløderesten er opført som aske. Begge disse værdier er angit i % av den friske jord med det vandindhold hvormed den kom til undersøkelse, saaledes at vandindhold + glødetap + aske er lik den friske jords vegt.

I vort tidligere arbeide har vi under omtalen av prøvenes titreringskurver vist, hvordan jordens humusindhold uttrykt ved dens glødetap har en avgjørende indflydelse paa titreringskurvens forløp. Og ogsaa en række andre egenskaper ved jorden vil influeres av dens indhold av humus. I det hele bør det fremholdes at en prøves glødetap (humusindhold) og askerest (mineralindhold) er i høi grad karakteriserende for typen, og med de ekstremer som vi i vort land og klima i saa henseende finder av jordprøver, vil bestemmelse av disse to egenskaper være helt nødvendige til karakterisering av jorden. Vi har tidligere benyttet forholdet mellem en jords glødetap og aske — $\frac{G}{A}$ — som en karakteristik av jorden og finder fremdeles at burde benytte denne. I meget av tidligere jordbundsliteratur, kanske særlig fra Mellem-Europa og Amerika, finder man som regel kun behandlet mineralrike, relativt humusfattige jordtyper. For en del kommer dette derav at det hovedsagelig er dyrket jord som behandles, men det beror nok ogsaa i ikke liten grad paa det mere arid betonede klima, hvorunder disse jordtyper er dannet.

Eftersom udyrkede jordarter kommer mere og mere til undersøkelse, blir ogsaa de humusrike typer trukket ind og bidrag til deres helt egenartede biologi og karakter git. Særlig undersøkelser fra de Skandinaviske lande, hvor det humide klima er fremherskende, gir i de senere aar rike bidrag til forstaaelse av humusrike og raahumusrike provers egenskaper. Og i vort eget materiale som jo for en overveiende del stammer fra Vest-Norge med et ekstremt humid klima, vil de humusrike prøver være de dominerende. For nærmere at belyse og præcisere denne side av vort materiales egenskaper er der nedenfor sammenstillet en oversigt over vore prøvers vandindhold, glødetap og askeindhold. (Tab. nr. 2).

Det fremgaar av denne tabel, at den dyrkede jord i vort materiale er av den vanlige mineralrike type, hvis askeindhold beregnet av tør jord ligger omkring 90 % og kun undtagelsesvis naar ned mot 80 % eller derunder og dette kun for to prøvers vedkommende (nr. 81 og 82), som vi i vort tidligere arbeide med sterk reservation har regnet til dyrket jord. I alle disse prøver er humusindholdet saa lavt at forholdet $\frac{G}{A} < 1$.

Tabel 2. Vandindhold, glødetap og aske i de undersøkte prøver.
(Wassergehalt, Glühverlust und Asche in den untersuchten Proben.)

Jordtype og nr.	Vandindhold (Wassergehalt) %	Glødetap G (Glühverlust) %	Aske A (Asche) %	Aske A_1 i % av vandfri jord*) (Asche A_1 in % der wasserfreien Erde)	$\frac{G}{A}$
		Dyrket jord. (Kultivierter Erdboden: Acker-, Garten- und Wiesenerde.)			
9	32.7	8.3	59.0	87.6	0.141
10	26.0	7.5	66.5	89.8	0.113
69	28.8	4.7	66.5	93.4	0.070
81	48.5	13.4	38.1	74.0	0.352
82	44.4	9.2	46.4	83.4	0.198
83	36.0	6.1	57.9	90.4	0.105
84	36.0	4.7	59.3	92.7	0.079
122	26.0	9.1	64.9	87.7	0.141
137	19.7	5.1	75.2	93.6	0.068
139	19.7	4.1	76.2	94.8	0.054
140	34.3	4.1	61.6	93.7	0.066
130	11.2	8.3	80.5	90.6	0.103
127	75 4	22.18	2.4	9.9	9.180

*) $A_1 = \frac{A}{G + A} \cdot 100$

(Forts.)

Løvskogjord.

(Laubwalderde.)

5	41.8	10.3	47.9	82.3	0.215
18	45.5	13.0	42.5	76.6	0.306
19	38.8	9.3	51.9	84.8	0.179
20	31.5	4.5	64.0	94.2	0.070
23	66.3	21.5	12.2	36.2	1.760
24	40.0	12.8	47.2	78.7	0.271
25	75.0	18.3	6.7	26.8	2.730
26	66 5	20.0	13.5	40.3	1.480
34	41.5	8.8	49.7	84.9	0.177
35	35.0	5.1	59.9	92.2	0.085
66	28.3	5.4	66.3	92.3	0.082
67	21.3	3.0	75.7	96.1	0.039
68	32.7	5.3	62.0	92.2	0.086
70	39.8	7.5	52.7	87.4	0.142
71	22.5	3.5	74.1	95.5	0.047
74	39.0	8.1	52.9	86.7	0.153
75	33.1	6.4	60.5	90.4	0.106
76	16.8	4.6	78.6	95.4	0.059
77	25 6	6.0	68.4	91.9	0.087
78	24.6	3.6	71.8	95.3	0.050
79	33.0	6.1	60.9	90.8	0.100
80	31.8	7.0	61.2	89.7	0.114
85	29.5	5.5	65.0	92.1	0.084
86	47.0	9.5	43.5	82.1	0.218
94	36.8	12.5	50.7	80.2	0.247
101	41.3	8.6	50.1	85.4	0.172
102	36.0	7.0	57.0	89.1	0.123
107	44.9	9.1	46.0	83.5	0.198
115	48.0	15.7	36.3	69.8	0.433
116	42.0	10.4	47.4	82.1	0.219
117	31.6	6.2	62.2	90.7	0.099
120	67.1	19.1	13.8	41.8	1.384
125	36.5	11.1	52.4	82.6	0.212
128	32.4	7.8	59.8	88.6	0.131
129	18.5	8.4	73.1	89.7	0.115
131	25.0	10.2	64.8	86.4	0.157
145	36.5	10.7	52.8	83.2	0.203
146	72.0	8.9	19.1	68.3	0.466
147	35.3	9.8	54 9	84.9	0.177

(Forts.)

Granskogjord.
(Fichtenwalderde.)

12	73.0	22.5	4.5	16.6	5.000
13	30.1	14.3	53.6	78.8	0.299
14	69.5	21.3	9.2	30.2	2.315
93	41.3	20.1	38.6	65.8	0.522
95	74.8	22.7	2.5	55.3	9.090
96	28.2	12.1	59.7	83.1	0.202
97	70.8	26.1	3.1	10.6	8.430
98	12.0	5.9	82.1	93.3	0.072
99	19.6	13.7	66.7	82.9	0.205
141	33.0	9.0	58.0	86.6	0.155

Furuskogjord.
(Kieferwalderde.)

7	57.8	11.3	30.9	70.3	0.365
8	41.8	6.8	41.4	86.0	0.164
15	67.5	23.0	9.5	29.3	2.420
16	31.3	5.0	63.7	92.7	0.078
21	37.8	6.8	55.4	89.1	0.123
36	63.7	33.5	2.8	7.7	11.950
37	20.3	5.4	74.3	93.3	0.073
38	24.3	5.7	70.0	92.5	0.081
39	61.2	37.8	1.0	2.6	37.800
40	75.7	17.8	6.5	26.8	2.740
41	23.3	2.9	73.8	96.3	0.039
72	81.7	17.4	0.9	5.2	19.350
73	33.7	4.2	62.1	93.7	0.067
100	18.4	17.5	64.1	78.6	0.305
103	50.1	8.6	41.3	82.8	0.208
104	37.4	5.0	57.6	92.1	0.086
105	37.1	9.5	53.4	84.9	0.178
112	78.6	20.7	0.7	3.3	29.600
113	36.1	8.8	55.1	86.2	0.160
114	45.7	6.9	47.4	87.4	0.145
123	32.2	8.4	59.4	87.7	0.142
132	45.9	11.6	42.5	78.6	0.302
135	60.5	34.7	4.8	12.1	7.920
136	33.0	5.4	61.6	92.0	0.087
142	28.1	7.6	64.3	89.4	0.118
143	68.7	12.0	19.3	61.7	0.622
144	27.6	8.2	64.2	88.7	0.128

(Forts.)

Lyngjord.
(Heideerde.)

1	49.5	14.3	36.0	71.6	0.397
2	45.5	7.8	46.7	85.7	0.167
3	44.8	12.8	42.4	76.8	0.302
4	38.5	6.0	55.5	89.5	0.108
11	38.5	14.0	47.5	77.3	0.295
17	69.5	24.0	6.5	27.1	0.369
27	42.8	11.5	45.7	79.9	0.252
28	42.3	10.7	47.0	81.5	0.228
46	48.8	27.8	23.4	45.7	1.180
47	15.6	6.4	78.0	92.4	0.082
48	19.9	7.0	73.1	91.3	0.095
49	22.5	18.4	59.1	76.3	0.312
50	31.7	18.9	49.4	72.4	0.382
51	20.7	19.6	59.7	75.3	0.329
52	25.4	10.3	64.3	86.3	0.158
53	30.0	9.0	61.0	87.2	0.147
54	13.1	4.1	82.8	95.3	0.049
55	23.5	19.8	56.7	74.2	0.349
57	26.6	20.9	52.5	71.6	0.398
60	26.6	17.0	56.4	76.8	0.301
61	20.5	16.7	62.8	78.9	0.266
62	26.0	15.1	58.9	79.7	0.256
63	35.2	9.9	54.9	84.8	0.180
87	57.1	13.0	29.9	69.7	0.486
88	49.9	10.9	39.2	78.4	0.279
89	45.8	8.7	45.4	84.2	0.191
90	54.4	11.9	33.7	74.0	0.355
91	53.1	11.4	35.5	75.7	0.321
92	34.8	10.8	54.4	83.5	0.199
108	74.2	15.5	10.0	39.3	1.550
109	49.2	11.3	39.5	77.8	0.395
110	61.4	28.2	10.4	26.9	2.710
111	46.3	15.5	38.2	71.2	0.406
118	71.6	16.0	12.4	44.0	1.290
119	45.8	14.2	40.0	73.8	0.397
124	49.2	21.8	29.0	57.2	0.753
133	41.9	8.2	49.9	86.0	0.164
134	61.0	16.6	22.4	57.5	0.742
138	58.8	16.4	24.8	60.3	0.662

(Forts.)

Myrjord.
(Moorboden.)

6	82.8	15.5	1.7	9.9	9.13
22	75.3	20.5	4.2	17.0	4.88
29	85.8	13.9	0.3	2.1	46.40
106	82.2	15.8	2.0	11.2	7.90
121	76.3	21.2	2.5	10.5	9.48

Torvjord.
(Torfboden.)

56	56.8	17.7	25.5	59.1	0.694
58	54.3	40.7	5.0	10.9	8.140
59	57.3	28.9	13.8	32.4	2.090
64	59.3	21.5	19.2	47.2	1.120
65	52.4	15.6	32.0	67.2	0.488

Helt utenfor denne klasse, men allikevel opført her, falder jordprøve nr. 127 som er av græsmark paa nylig opdyrket myr, hvor formuldningen endnu er minimal.

Løvskogjorden har stort set samme høie mineralindhold. En undtagelse er bare provene nr. 23 — 25 — 26 som stammer fra en aapen, alpin bjerkeskog (h. o. h. ca 700 m.) med sterkt torvagtig jord og en prøve, nr. 120, som er samlet av et specielt muldrikt lag i ore-bjerkeskog.

Naaleskogjorden er som vanlig av to typer. Enten er den meget mineralrik med askeindhold 80—90 % av den vandfri jord. Eller den er rent raahumusagtig med et meget lavt askeindhold, som vanlig ikke naar op over 10 % av den friske jord. Paa grund av det store vandindhold i disse raahumusprøver tages disse i tabellen lettest ut efter sin askeprocent i frisk jord.

Prøvene av lyngjord overrasker ved sit gjennemgaaende høie mineralindhold. Man kunde paa forhaand tro at denne ofte næsten torvagtige jord skulde indeholde forholdsvis mere humus, men i virkeligheten er denne jordtype som regel temmelig sandholdig, og det er kun nogen faa prøver med høit vandindhold hvor forholdet $\frac{G}{A} > 1$. De egentlige torvjordstyper, hvor selv med vandindhold av omkring 50 forholdet $\frac{G}{A} > 1$, er relativt ikke hyppige i lyngmark; typiske repræsentanter for denne type findes i tabellens sidste gruppe. Men selv blandt disse helt torvagtige dannelser er der typer med høit mineralindhold. Under omtalen av jordtypens titreringskurver kommer vi tilbake til disse forhold.

3. Prøvenes surhetsgrad og titreringskurver.

Ved bestemmelsen av jordprøvenes vandstofionkoncentration har vi de sidste 5—6 aar benyttet os av BJILMANNS kinhydronelektrode. Ogsaa ved bestemmelsen av vandstofionkoncentrationen i væskekulturer som hadde en egenfarve der vanskeliggjorde bruken av den kolorimetriske metode, blev kinhydronelektroden altid anvendt (for pH $\gtrless$ 8,5).

Ved vore undersøkelser over den indflydelse som vandstofionkoncentrationen har paa nitrifikationen, kom vi i 1920 til det resultat, at vandstofplatinelektroden ikke kunde benyttes til vore kulturforsøk, (GAARDER und HAGEM 1921-b, s. 7). Netop dette aar offentliggjorde BJILMANN (1920) sit betydningsfulde arbeide over »Kinhydroners brintning«, hvor han bl. a. anfører (l. c., s. 54) at der med kinhydronelektroden kan opnaaes konstante potentialer i opløsninger, som indeholder nitrater. Vi blev derfor sterkt interessert i denne elektrode og dens eventuelle anvendbarhet ved bestemmelsen av vandstofionkoncentrationen i vandige jordopslemninger og væskekulturer podet med jord, naar der her forekom smaa eller minimale mængder av nitrater og nitriter. Høsten 1920 tilskrev vi derfor prof. BJILMANN, omtalte vore vanskeligheter med vandstofplatinelektroden naar jordopslemningen indeholdt spor av nitrater og nitriter, og utbad os hans uttalelse om kinhydronelektrodens brukbarhet i dette tilfælde. Paa dette tidspunkt (1920) var imidlertid BJILMANNS metode kun gjennemprøvet overfor rent kemiske problemer. Men alt talte for at den maatte kunne benyttes med stor fordel ogsaa i det av os nævnte tilfælde. Som bekjendt har da metoden i aarene efter 1920 hurtig erhvervet sig et overmaade stort anvendelsesomraade saavel i kemien som biokemien og biologien, og da ikke mindst inden jordbundsforskningen.

Over kinhydronelektrodens anvendbarhet ved bestemmelsen av jordreaktionen foreligger der nu som bekjendt et større undersøkelses-materiale fra dansk hold (HARALD R. CHRISTENSEN og S. TOVBORG JENSEN, 1923) som viser at BJILMANNS elektrode med hensyn til nøiagtighet fuldt ut kan maale sig med vandstofplatinelektroden. Da metoden tillater hurtige bestemmelser, har en meget enkel metodik og i mange tilfælder er den eneste brukbare metode, er det forstaaelig at den har faat den utstrakte og hyppige anvendelse, som den for tiden har.

Efter at vort arbeide blev avsluttet har CARSTEN OLSEN og K. LINDERSTRØM-LANG (1927) offentliggjort et arbeide om nøiagtigheten av de forskjellige metoder til maaling av vandstofionkoncentrationen i jord. De to forskere benytter de med vandstofplatinelektroden overfor jordopslemninger fundne reaktionsværdier som standardværdier, og sammenligner hermed de værdier som findes, naar kinhydronelektroden

og den kolorimetriske metode benyttes (overfor jordopslemningen). De paaviser, at maalinger utført med kinhydronelektroden i en del tilfælder gir pH-værdier som er indtil 0.8 i pH for høie, og kommer til det resultat, at ved jordbundsundersøkelser bør man foretrække den kolorimetriske metode fremfor kinhydronmetoden.

Ogsaa CH. BRIOUX og L. PIEN (1926 og 1927) har nylig paavist, at kinhydronelektroden sammenlignet med vandstofplatinelektroden i flere tilfælder gir altfor høie pH-værdier naar maalingen utføres i jordopslemning, men derimot ikke naar der benyttes filtrat eller centrifugat.

Vi besluttet os 1921 til at benytte ogsaa kinhydronelektroden ved vore fortsatte undersøkelser over nitrifikationen i jordbunden. Og ved vore undersøkelser har metoden vist sig helt ut fortrinlig.

I en række tilfælder har vi bestemt væskekulturenes reaktion baade kolorimetrisk og ved hjælp av kinhydronelektroden, og fik gjennemgaaende ganske gode overensstemmelser. I flere tilfælder har vi bestemt de vandige jordopslemningers reaktion baade ved hjælp av kinhydronelektroden og ved vandstofplatinelektroden, naar vi kunde vente at denne sidste var anvendbar. Som elektrodekar for vandstofplatinelektroden benyttet vi Michaelis's U-kar med stationær vandstofatmosfære (MICHAELIS 1914, s. 140).

Det viste sig at vandstofplatinelektroden flere gange skaffet os vanskeligheter, ja undertiden var helt umulig, naar den blev benyttet i vandige jordopslemninger. (Jorden var enten tilsat bare vand eller ogsaa saltsyre eller kalkvand for fastsættelsen av jordartens titreringskurve). I de tilfælder hvor det var vanskelig eller endog umulig at opnaa et konstant potential i jordopslemningen, kan det tænkes at jordens indhold av smaa mængder av nitrater og nitriter eller ogsaa av ammoniak var aarsaken. Det sidste stof vil særlig kunne gjøre sig gjældende overfor elektroden naar jorden er tilsat tilstrækkelig av kalkvand (sml. MICHAELIS 1914, s. 163). Men en jordart er saa komplicert opbygget, at der maa forutsættes at ogsaa andre stoffer i tilfælde her kan ha været tilstede og har virket forstyrrende paa saavel en konstant som en rigtig potentialindstilling. Der maa jo forut for den konstante potentialindstilling foregaa en ganske kraftig reduktion av jordopslemningen, inden denne kommer i likevegt med vandstofgas av 1 atmosfæres tryk. Herunder vil der nok i mange jordarter kunne ske forandringer i egenskapene hos forskjellige stoffer, forandringer som kan ha indflydelse paa disse stoffers evne til at indvirke paa reaktionsforholdene. Reduktionen maa derfor ventes at k u n n e bevirke en forandring av jordopslemningens reaktion (pH), og særlig merkbar maa i saa fald denne forandring gjøre sig gjældende, dersom jordopslemningen er fattig paa støtputestoffer i netop det pH-omraade hvor dens reaktion (pH-værdi) ligger.

Vi har i almindelighet fundet at kinhydronelektroden ofte gir pH-værdier som ligger noget over de værdier, som man fastsætter ved hjælp av vandstofplatinelektroden. Imidlertid er det vanskelig at avgjøre hvilken metode har git det rigtigste resultat. Vi er tilbøielig til at tro at i mange tilfælder har reduktion av jordopslemningen, inden denne kommer i likevegt med vandstof av 1 atmosfære, været en mer eller mindre utpræget medvirkende aarsak til uoverensstemmelsen.

Den mulighet foreligger ogsaa at kinhydronmetoden (eller kanske begge metoder!) har git et unøiagtig resultat. Maalingen blir jo unøiagtig, saafremt opløseligheten av enten kinonet eller hydrokinonet forandres gjennem stoffer fra jordopslemningen, eller saafremt en av de to komponenter reagerer med nogen av jordstoffene, slik at f. eks. hydrokinonet oksyderes eller kinonet reduseres. I saa fald maa man imidlertid ofte vente at jordopslemningen ogsaa vil vise vanskeligheter overfor vandstofplatinelektroden.

I slike tilfælder av uoverensstemmelse vilde det være en fordel at kontrollere maalingene med den kolorimetriske metode og at undersøke, overfor hvilke av metodene selve jordprøven virker skadelig. Ved f. eks. at tilsætte litt jord til en støtputeblanding med kjendt pH og derpaa fastsætte pH-værdien ved hjælp av hver enkelt av de nævnte metoder, maatte man kunne faa nogen oplysning herom.

Vi har ved vor bruk av elektroden fulgt de anvisninger som BJILMANN og medarbeidere har git (se literaturfortegnelsen s. 169). Forinden STIG VEIBELS arbeide (1923) over kinhydronelektroden som standardelektrode utkom, benyttet vi os av „den mættede kalomelelektrode" (MICHAELIS 1914) som sammenligningselektrode ved vore undersøkelser. Senere har vi altid benyttet os av kinhydronstandardelektroden (pH = 2.03) ved vore maalinger. Standardelektroden fremstiltes altid ny den dag maalingene blev utført, og var derfor aldrig over 10 timer gammel naar den blev benyttet. Med hensyn til denne sammenligningselektrodes fordeler kan der henvises til et av BJILMANN (1927) nylig utgit arbeide over kinhydronelektroden og dens anvendelser.

Ved vore maalinger har vi gjennem en aarrække benyttet os av et meget enkelt elektrodekar til jordopslemningen. Elektrodekarrets form vil fremgaa av hosstaaende figur (fig. 1). Her er 1) kinhydron-sammenligningselektroden (pH = 2.03), 2) er et kar med vandig 3.5 normal KCl-opløsning, 3) er en gummislange med meget snever lysning (indre diameter) hvorigjennem gaar traader, som fylder lysningen fuldstændig og er mættet med KCl-opløsning (MICHAELIS 1914, s. 143) og 4) er elektrodekarret hvori jordopslemning + kinhydron anbringes. Karret kan fremstilles helt enkelt av en 20—25 cm.^{3} pipette, og har den fordel at det er let at rense. Dets form er slik at det i de faa minutter som en maaling tar, helt forhindrer

klorkalium fra at diffundere op til jordopslemningen omkring platinelektroden og her fremkalde omsætninger som gjør at vandstofionkoncentrationen omkring elektroden forandres. For at motvirke at KCl skal komme over i elektrodekarret, lar vi altid væskenivaaet i kar 2 staa et stykke under nivaaet i elektrodekar 4 (se fig. 1). I et elektrodekar som det vist i fig. 1 er det let at ryste sammen en vandig jordopslemning (eller jord og vand) med den nødvendige mængde kinhydron. I det hele tat har vi fundet denne karform meget formaalstjenlig.

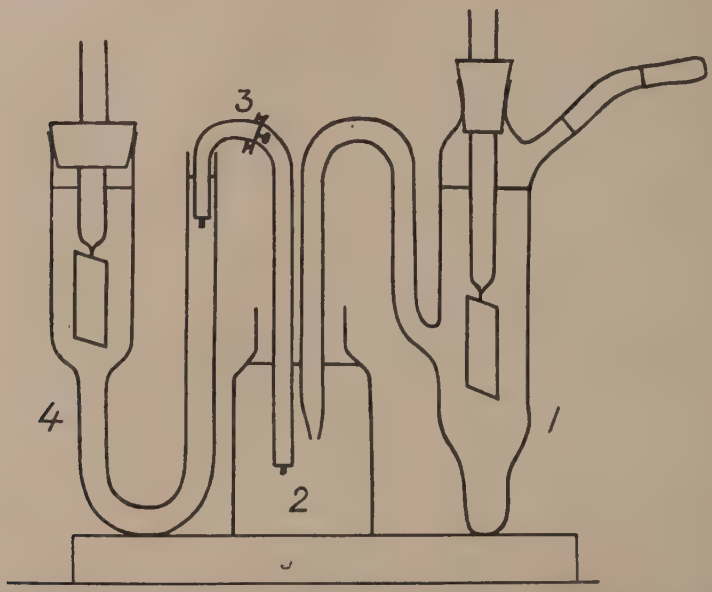

Fig. 1. Elektrodekar (4) til bruk ved pH-bestemmelse i jordopslemninger (Kinhydronmetoden).
(Elektrodengefäss (4) für die PH-Bestimmung in Erde-Aufschlemmungen mittels der Kinhydronmethode).

Potentialmaalingen er altid blit utført umiddelbart efterat jordopslemningen blev rystet sammen med kinhydronet. Vi har som regel altid fundet at potentialet praktisk talt straks antar en konstant værdi, og at denne i almindelighet forblir uforandret i de nærmestfolgende minutter hvorunder der blir iagttat om nogen forandring finder sted. Herunder blir platinelektroden i elektrodekarret en à to ganger forskjøvet litt i jordopslemningen. Det har hændt med et par jordarter, at potentialet ikke har villet anta en konstant værdi hverken med en gang eller i løpet av de første minutter. Bestemmelsen er da blit gjentat med nye portioner jordopslemning og kinhydron, og den umiddelbart efter rystningen fastsatte potentialværdi benyttedes ved utregningen av opslemningens pH-værdi.

Til lettelse av denne utregning har vi paa millimeterpapir en gang for alle indtegnet den kurve, som angir forbindelsen mellem den søkte pH-værdi og den maalte spændingsdifferanse naar en kinhydron-standardelektrode (pH = 2.03) benyttes som sammenligningselektrode og temperaturen holdes ved 18° C. Det er da et øiebliks sak at utta paa den grafiske fremstilling den pH-værdi, som svarer til den maalte spændingsdifferanse.

For at faa et maal for den styrke hvormed jordarten evner at fastholde sin reaktion, har vi fastsat t i t r e r i n g s k u r v e n over jordens aciditet og basisitet og herunder benyttet os av vor fremgangsmaate fra 1921 (GAARDER og HAGEM 1921-a, s. 103 og s. 168)[1]). Princippet er som bekjendt at man til en bestemt mængde av jordarten opslemmet i et bestemt volum vand tilsætter vekslende, men bestemte mængder av H-ioner i form av en sterk syre, eller vekslende mængder OH-ioner i form av en sterk base. Efterat likevegt er indtraadt, bestemmer man saa opslemningens reaktion (pH). Den fremgangsmaate som vi herunder benytter, har en grei og enkel metodik: I en række vidhalsete glasflasker med indslepne glasspropper indveies jordprøve-portioner av en og samme vegt (volum). Til én av flaskene med jordprøve sættes kun utkokt destillert vand, mens der i de øvrige tilsættes det samme volum utkokt destillert vand, hvori er opløst nøiagtig kjendte og vekslende mængder av en sterk syre eller en sterk base. Vi har her benyttet os av HCl og $Ca(OH)_2$.

Flaskene staar nu med sit indhold godt tilproppet i to døgn. Herunder blir de gjentagne ganger godt rystet. Derpaa bestemmes pH-værdien av jordopslemningen i hver enkelt flaske ved kinhydronmetoden. Ved hjælp av de saaledes vundne data kan derefter titreringskurven over jordartens neutraliseringsevne overfor tilsat syre og base optegnes.

Ved vore undersøkelser over jordnitrifikationens avhængighet av vandstofionkoncentrationen fandt vi det som allerede tidligere nævnt (GAARDER og HAGEM 1921-a) av betydning at fastsætte den undersøkte jordarts titreringskurve. Og ved forsøkene til bestemmelse av en jordarts titreringskurve har vi hittil benyttet en viss vegtsmængde jord (15 gr.) pr. flaske.

For her at kunne opnaa et tilnærmet rigtig sammenligningsgrundlag for de enkelte jordarter, finder vi det imidlertid nu formaalstjenlig altid at benytte et og samme v o l u m av jordartene ved disse bestemmelser og anvender 15 (30) cm.^{3} jord tilsat 50 (100) cm.^{3} vandig oplosning. Ikke bare for nitrifikationsbakteriene, men for jordbundens mikroorganismer og planter i det hele, er det nemlig avgjø-

[1]) Fremgangsmaaten er senere benyttet bl. a. av O. ARRHENIUS (1922 og 1926).

rende hvorledes den r u m l i g e fordeling av jordbestanddelene forefindes. Dette gjælder ikke bare for de egentlige næringsstoffer, men i likesaa høi grad for alle stoffer der betinger jordartens fysisk-kemiske egenskaper, altsaa ogsaa dens reaktion. Landmanden beregner da ogsaa hvad han maa tilføre jorden efter dens krav pr. overflateenhet ned til en viss dybde, d. v. s. pr. volumenhet. For at forebygge misforstaaelser maa vi gjøre opmerksom paa, at vi ved at anvende jordvolumet som maal ikke dermed mener at dette maal altid behøver at være det bedste. Ved f. eks. undersøkelser over de stoffer som betinger titreringskurvens forløp, eller de forbindelser som i større eller mindre grad gaar over i jordvæsken eller utfældes av denne, naar pH-værdien veksler fra et omraade i pH-skalaen til et andet — vil forholdet være et andet. Men vil man undersøke den enkelte jordtype og sammenligne forholdene i de forskjellige jordarter med hinanden, saa er det mest formaalstjenlig at fastsætte og sammenligne jordartenes egenskaper slik som de arter sig pr. volumenhet. Vi fastsætter derved »koncentrationen« (mængden pr. volumenhet) av jordartens egenskaper.

Fastsættelsen av en jordarts vegt pr. volumenhet lar sig let og hurtig utføre under dens indsamling. Man benytter en passende stor (f. eks. 100 cm.^{3}) staalcylinder med u t v e n d i g skruegang og med haandtak (av samme type som et korkebor) som s k r u e s ind i jordmassen, vertikalt eller horisontalt, alt eftersom det ønskes. Den uttagne cylinder veies med sit jordindhold paa en medbragt bismervegt. I laboratoriet avveier man da, naar titreringskurven skal bestemmes, jordportioner tilsvarende 15 (30) cm.^{3}. (Der maa selvfølgelig sørges for at vandindholdet tages i betragtning, hvis man forinden har tørket sin jord).

Strengt tat vil naturligvis ikke jorden ute i marken beholde sit volum helt uforandret fra en tid til den anden, idet volumet varierer noget med vandindholdet. Men disse volumvekslinger er, naar man ser bort fra ekstremt vaate eller tørre prøver, av mindre betydning.

Ved titreringskurvebestemmelsene har vi i dette som i vort tidligere arbeide benyttet os av en og samme v e g t m æ n g d e jord, nemlig av portioner paa 15 gr. For at kunne optegne titreringskurven for en og samme v o l u m m æ n g d e (her: 15 cm.^{3}) av jordartene blev det derfor nødvendig at foreta en omregning. Denne blev utført paa følgende enkle vis: Veier 1000 cm.^{3} av en jordart a gr. vil 15 cm.^{3} av den veie $\frac{a}{1000} \cdot 15$ gr. Nu har vi avveiet 15 gr. av jorden og tilsat den en vandig oplosning, som indeholder b cm.^{3} 0.1 n sterk syre (base). Dette svarer til at der til 15 cm.^{3} av jordarten var tilsat $\left(\frac{a}{1000}\right) \cdot b$ cm.^{3} 0.1 n sterk syre (base).

En slik omregning kan betragtes som tillatelig, naar vi gaar ut fra den forutsætning, at jordopslemningens pH-værdi ikke vil undergaa nogen videre merkbar

ændring om der — som i dette tilfælde — forutsættes en liten veksling i volumforholdet jord : vand utover det forhold hvorunder bestemmelsen blev utført, nemlig med 15 gr. jord tilsat 50 cm.^{3} vandig opløsning. [Vekslingens størrelse vil fremgaa derav at i de 23 undersøkte jordarter hadde litervegten — a — for 9 av dem en værdi 1022—1190, for 7 en værdi 830—990, for 4 en værdi 657—728, for 2 en værdi 490—580, for 1 værdien 303]. Av flere forskere er der nemlig blit paavist, at for de aller fleste jordarter vil jordopslemningens pH være uavhængig av forholdet jord : vand indenfor visse og i almindelighet ganske vide grænser (se f. eks. BIILMANN og TOVBORG JENSEN 1927, s. 252, og ARRHENIUS 1926, s. 91, hvor videre literatur findes).

Ved bestemmelsen av en jordarts titreringskurve har vi altid som syre benyttet saltsyre og som base en mættet vandig kalciumhydroksyd-opløsning (GAARDER og HAGEM 1921-a). Ved valget av base var kalkens store betydning i landbruket det avgjørende for os.

Nylig har S. TOVBORG JENSEN (1925) utarbeidet en fremgangsmaate for fastsættelsen av titreringskurven, som er avvikende fra den vi benytter. Han anvender nok kalciumhydroksyd som base; men efter at denne er tilsat og der er indtraadt likevegt i jordopslemningen, tilledes kulsyre indtil jordopslemningen kommer i likevegt med den almindelige luftatmosfære, og med kulsyren i denne. Tovborg Jensen mener dermed at komme de naturlige forhold i jordarten nærmere. Nu maa der merkes at ved denne fremgangsmaate bestemmes ikke alene jordens basebindende evne — slik som av os gjort — men ogsaa jordens forhold overfor den svake syre kulsyre. Og kulsyren vil — alt efter kulsyretrykket naar likevegt er opnaadd — ove sin indflydelse indenfor det netop for denne syre karakteristiske omraade av pH-skalaen. Ganske visst virker kulsyren ute i den frie jord, men det tryk hvorunder den virker i jorden kan variere ganske sterkt (se f. eks. GAARDER og HAGEM, 1921-a, s. 92—95). Det gjælder derfor ogsaa om TOVBORG JENSENS fremgangsmaate at den bare har en begrænset værdi, idet den kun har d i r e k t e værdi for sammenlignende laboratorieforsøk utført med jordarter under netop de av ham valgte forsøksbetingelser. Forsaavidt er der intet til hinder for at den fremgangsmaate vi benytter vil kunne yde like saa bra resultater for praksis som den av TOVBORG JENSEN eller av andre valgte. Med vor fremgangsmaate var der dog først og fremst tilsigtet at opnaa en oversigt over den styrke, hvormed en jordart fastholder sin reaktion indenfor de enkelte omraader av pH-skalaen, naar jorden tilføres vandstof- eller hydroksylioner i form av en sterk syre eller en sterk base.

For den styrke hvormed jorden søker at opretholde sin reaktion indenfor de forskjellige omraader av pH-skalaen, d. v. s. for dens evne til virke som støtpute her,

er der av forskjellige forskere blit foreslaat forskjellige maaleenheter (se f. eks. KOPPEL og SPIRO (1914), VAN SLYKE (1922), MICHAELIS (1922), TOVBORG JENSEN (1924), ARRHENIUS (1926), LINDEMAN (1926), hvor spørsmaalet behandles nærmere).

BRENNER (1927) benytter den forandring i pH-værdien som fremkommer ved tilsætning av en liten mængde, f. eks. 1 cm.^{3} 0.1 n HCl eller $Ca(OH)_2$. Denne forandring kalder BRENNER, idet han gaar ut fra den aktuelle pH-værdi, for den aktuelle recessivitet for syrer resp. baser. Summen av den aktuelle recessivitet for baser og den aktuelle recessivitet for syrer kalder BRENNER reaktionsamplituden.

Vi har prøvet at finde et brukbart og let anskuelig maal for jordens støtputeevne ved at angi i cm.^{3} den mængde 0.1 n syre (HCl) eller base ($Ca(OH)_2$) som maa til, for at forandre reaktionen i jordopslemningen fra en viss værdi til en anden

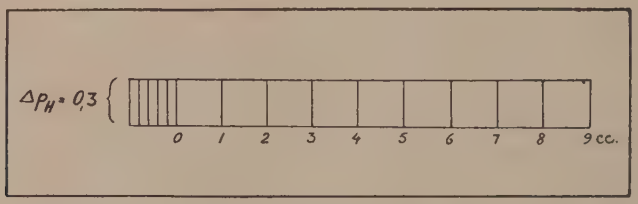

Fig. 2. Inddeling til bruk ved avlæsning av støtputeevnen paa titreringskurver.
(Masstab für die Ablesung der Pufferkapazität aus den Titrierungskurven).

bestemt værdi. Saafremt man holder sig til pH-skalaen som maalestok, vil man da f. eks. kunne benytte en forandring i pH-værdien paa 0.3 som enhet, idet denne forandring medfører at vandstofionkoncentrationen enten fordobles eller formindskes til det halve, alt eftersom der tilsættes syre eller base. Bare at anføre vandstofionkoncentrationens relative ændring ved en given syre- (base-) tilsætning er imidlertid ikke tilstrækkelig. Vandstofionkoncentrationens oprindelige størrelse maa ogsaa anføres ved dens tilsvarende pH-værdi.

Følgelig vil en jordopslemnings saaledes definerte s t ø i p u t e e v n e være angit ved to tal, nemlig ved dens pH-værdi paa det titreringstrin man vil undersøke og ved det antal cm.^{3} 0.1 n syre eller base, som fra denne pH-værdi kræves for at fordoble resp. formindske dens vandstofionkoncentration til det halve (formindske eller forøke pH med 0.3). Man kan paa følgende maate let skaffe sig en grafisk oversigt over jordartens saaledes definerte støtputeevne i de forskjellige reaktionsomraader. Jordartens titreringskurve opkonstrueres paa millimeterpapir efter en passende valgt maalestok. Paa en liten celluloid-plate ridses med en naal den i fig. 2 viste inddeling, efter samme maalestok som den der anvendes til fremstillingen av titreringskurven.

Denne anvendes saa til at utta av titreringskurven den syre- (resp. base-) mængde, som maa tilføres de bestemte antal (her 15) cm.^{3} jord opslemmet i et givet volum (her 50 cm.^{3}) vandig opløsning av reaktionen pH for her at fordoble vandstofionkoncentrationen (resp. formindske den til det halve). Man begynder ved den pH-værdi som svarer til jordartens aktuelle reaktion, og gaar sprangvis 0.3 enheter opover og nedover i pH-skalaen. Den benyttede enhet paa 0.3 for ændringen av pH-værdien kan nok tænkes valgt vel stor, slik at den derved fremkomne (grafiske) oversigt over jordartens støtputeevne i de forskjellige omraader av pH-skalaen ikke vil være helt nøiagtig. En mindre enhet, f. eks. paa 0.1, kræver imidlertid mere detaljert fastsatte titreringskurver end vore. Og da desuten valget av netop 0.3 som enhet gir en saa letfattelig oversigt over vandstofionkoncentrationens veksling i forhold til vekslingen i tilsat syre-(base-)mængde, har vi ment at burde gjøre et forsøk med den. Som et eksempel paa hvorledes en slik valgt fremstilling av jordartens støtputeevne indenfor de forskjellige omraader av pH-skalaen tar sig ut grafisk, anføres fig. 4—5, 7—8, 11 og 15. Her er fremstillet diagrammer over støtputeevnen for jordartene nr. 127, 128, 130, 136, 139 og 140, hvis titreringskurver findes i fig. 3, 6, 10 og 14. Paa pH-skalaen i disse diagrammer er jordartens aktuelle reaktion avmerket ved et kryds. For hver gang man fra dette punkt fortsætter 0.3 enheter mot venstre paa skalaen fordobles jordartens vandstofionkoncentration. Benyttes det omraade av pH-skalaen hvori denne ændring foregaar som basis for en »søile«, hvis høide svarer til den mængde saltsyre (angit som cm.^{3} 0.1 n syre) der kræves for at fordoble vandstofionkoncentrationen over vedkommende omraade, saa er »søilens« høide det grafiske maal for jordartens støtputeevne (ved tilsætning av saltsyre) for netop dette pH-omraade. Paa samme maate svarer søilehøidene paa høire side av den aktuelle pH-værdi til de mængder av kalciumhydroksyd (angit som cm.^{3} 0.1 n base), som hver gang maa tilsættes for at formindske vandstofionkoncentrationen til det halve, og angir derved grafisk støtputeevnen i disse omraader (ved tilsætning av kalciumhydroksyd). Konstruerer man titreringskurven for rent vand (50 cm.^{3}) ved 0.1 n HCl- og 0.1 n $Ca(OH)_2$-tilsætning ser man let at blandingen ved pH-værdier mindre end 3.5 og større end 10.5 viser en merkbar og voksende »støtputeevne«. I omraadet mellem disse værdier, som netop har interesse for os, er denne »støtputeevne« imidlertid saa liten at den her er uten betydning ved opstillingen av vore diagrammer over jordens støtputeevne. De i figurene fremstillede diagrammer gir paa denne maate en god oversigt over jordartenes evne til støtputemobilisering i de forskjellige pH-omraader. Denne fremstillingsmaate kan derved være til nytte bl. a. ved diskussionen av forholdet mellem jordartens støtputeevne og de bakteriologiske og biokemiske processer, som foregaar i den.

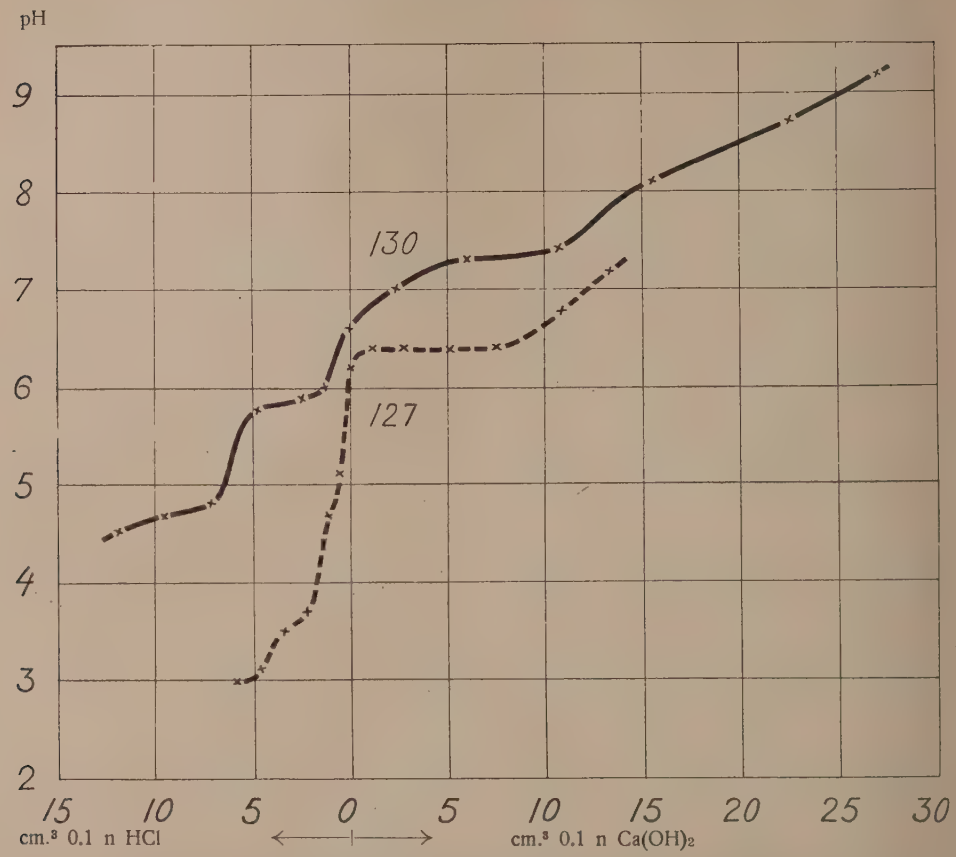

Fig. 3. Titreringskurver for sterkt torvagtig jord i græsmark (nr. 127) ved Nesttun og jord fra græsmark over kalkrik skifer (nr. 130) i Asker.

(Titrierungskurven für stark torfhaltige Wiesenerde (Nr. 127) bei Nesttun und für Wiesenerde über kalkreichem Schiefer (Nr. 130) in Asker).

I vort tidligere arbeide (1921-a) har vi git en oversigt over typiske jordarters aktuelle surhetsgrad og deres titreringskurver. Det viste sig allerede dengang at kurvene skiftet karakter med det geologiske underlag, og at f. eks. skifertrakter gjennemgaaende gav kurver med ganske steilt forløpende syregren, d. v. s. de indeholdt litet av sure bufferstoffe. Vi kan for en række jordarter henvise til dette tidligere arbeide og de titreringskurver, som der er gjengit. Her skal derfor bare tages med en del av de mest karakteristiske i vort nye materiale, og da først og fremst dem som tjener til supplering av de tidligere iagttagelser.

Av dyrket jord var der i vort første arbeide ingen titreringskurver. Her er derfor medtat nogen faa. Fig. 3 viser titreringskurven for sterkt torvagtig jord i

græsmark ved Nesttun i Fana (prøve nr. 127). Denne mark blev for relativ kort tid siden (antagelig 15—20 aar før prøvens indsamling) nydyrket av vaat torvmark, og da det nydyrkede stykke meget tidlig blev gjenlagt til eng, har torvjorden faat liten anledning til formuldning. Der er aller øverst et 2—3 cm. tykt lag, hvor torven er noget destrueret og har begyndt at anta muldjordkarakter, men under dette ligger der flere dm. næsten uformuldet torvjord. Som kurven viser har denne jord en overordentlig sterk basebindende evne ved pH = ca. 6.4, og det maa mere end 7 cm.³ 0.1 n $Ca(OH)_2$ før syregrenen her begynder sin stigning, altsaa før de tilstedeværende syrer er »mættet«. Kurvens basegren viser et steilt forløp ovenfor pH = 3.7, og jorden indeholder altsaa relativt litet av syreneutraliserende støtputer, virksomme mellem pH = 6.2—3.7. Prøven og kurven er typisk for store arealer av den vestlandske græsmark (eng) paa nydyrket myr eller torvmark. Jordens store støtputeevne ved basetilsætning og dens næsten totale mangel paa støtputeevne ved syretilsætning fremgaar tydelig av den grafiske fremstilling i fig. 4, som viser hvorledes støtputeevnen veksler indenfor pH-skalaen.

Som sterkt avvikende fra denne prøve kan anføres jord nr. 130, som er tat av naturlig græsmark med rikelig av andre planter indblandet over skiferfjeld i Asker. Jordens relativt ringe dybde gjør at den for tiden ikke dyrkes og nærmest henligger som en meget forvildet natureng. Dens aktuelle pH er 6.6, altsaa ikke saa meget høiere end foregaaendes, men dens titreringskurve (fig. 3) viser et ganske andet forløp. Syregrenen gaar selv for en liten basetilsætning tydelig i veiret. Kurveforløpet viser at der er adskillig tilstede av støtputer, men disse virker ganske anderledes jevnt fordelt indenfor pH-skalaen end tilfældet var hos jord nr. 127. Ved pH = ca. 7.3 trær dog en ganske stor støtputemængde i virksomhet. Kurvens basegren viser at denne jord har en langt mere utpræget støtputeevne end jord nr. 127, naar der tilsættes saltsyre. Særlig er støtputeevnen utpræget ved pH = ca. 5.8 og ca. 4.6. Hvorledes jordens støtputeevne gjør sig gjældende indenfor de enkelte omraader av pH-skalaen sees tydelig av fig. 5. Sammenholder man fig. 4 og fig. 5 med hinanden, fremgaar der hvilken stor forskjel det er mellem jord nr. 127 og 130 med hensyn til støtputeevne indenfor de forskjellige omraader av pH-skalaen.

Av dyrket jord skal forøvrig kun medtages titreringskurver for to lerjordprøver fra Trøndelagen, fig. 6. Prove nr. 139 er av forvitret ler i øvre lag i kunsteng paa lerterasse, mens prøve nr. 140 er av uforvitret, helt blaafarvet ler, tat ved foten av samme terasse. Kurvene adskiller sig som figuren viser forholdsvis litet fra hinanden. Der er dog den typiske forskjel at den forvitrede ler fra græsmarken har en for dyrket jord at være temmelig hoi aktuel surhetsgrad med pH = ca. 5.3, mens den uforvitrede leres aktuelle pH er ca. 6.5. Bortset fra den forskjel som dette betinger,

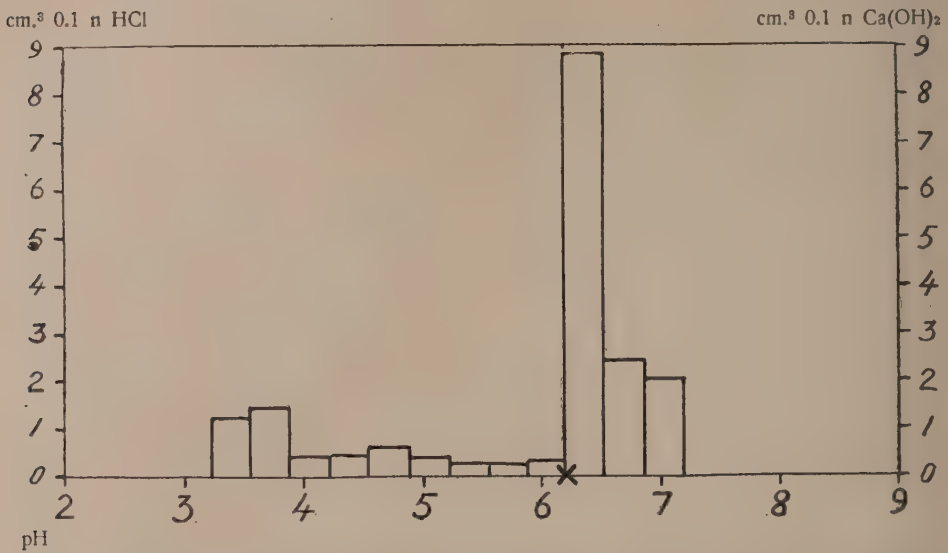

Fig. 4. Diagram over støtputeevnen for sterkt torvagtig jord i græsmark (nr. 127) ved Nesttun.
(Pufferkapazitäts-Diagramm stark torfhaltiger Wiesenerde (Nr. 127) bei Nesttun).

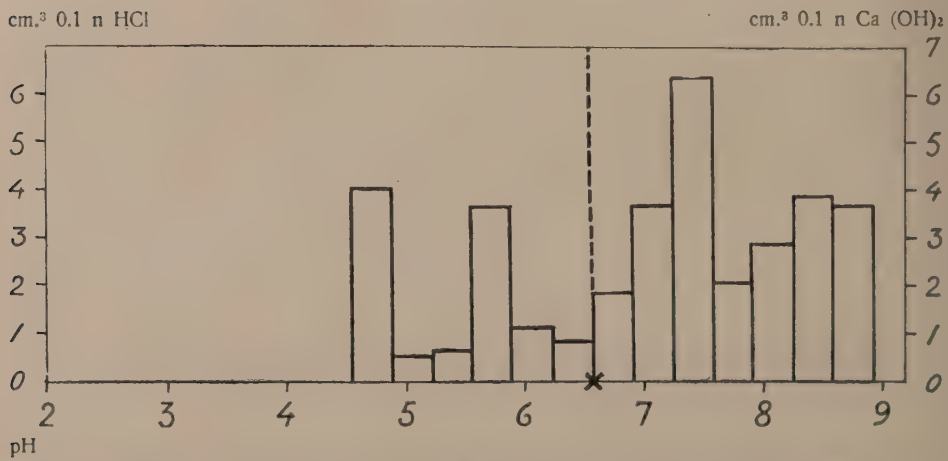

Fig. 5. Diagram over støtputeevnen for jord fra græsmark over kalkrik skifer (nr. 130) i Asker.
(Pufferkapazitäts-Diagramm einer Wiesenerde über kalkreichem Schiefer (Nr. 130) in Asker).

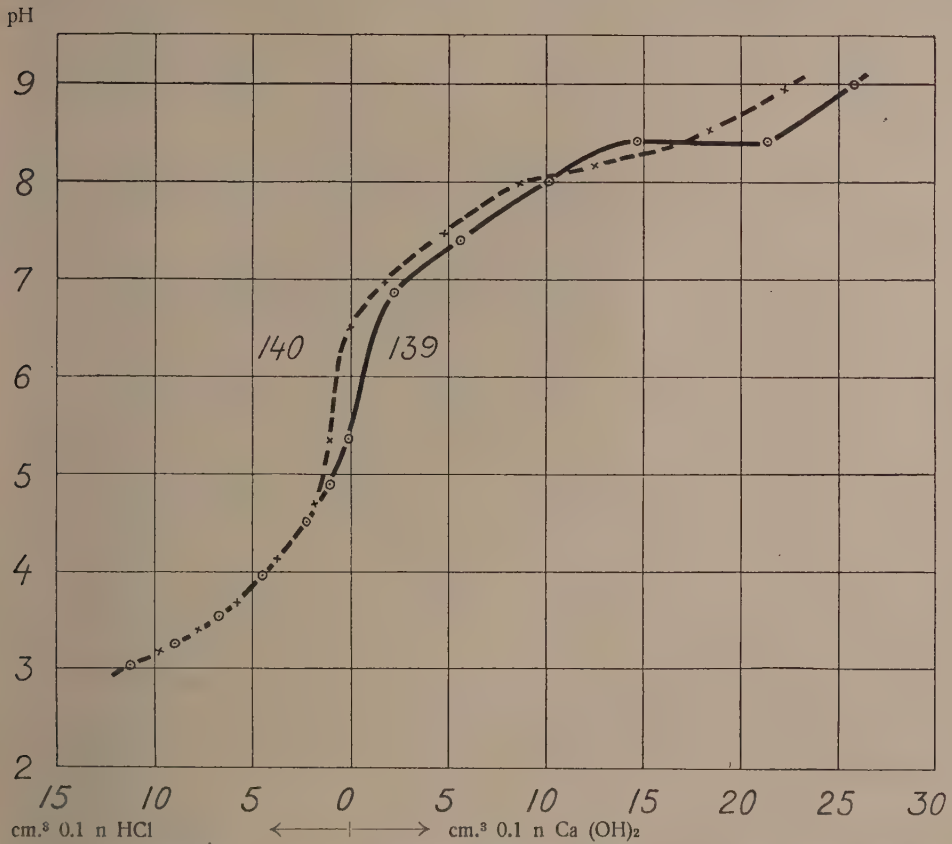

Fig. 6. Titreringskurver for forvitret lere under græsmark (nr. 139) og uforvitret blaalere (nr. 140), begge fra Okstad gaard i Strinda i Trøndelagen.

(Titrierungskurven für verwitterten Ton in Wiesenboden (Nr. 139) und nicht-verwitterten blauen Ton (Nr. 140) in Strinda, Trøndelagen).

er de to lerjordprøvers titreringskurver temmelig like. Fig. 6 gir de samme forholdsvis steilt forløpende titreringskurve-typer, som er saa hyppig repræsentert blandt de kurver for norsk lerjord som GLØMME (1926) anfører.

Fig. 7—8 gir diagrammer over lerjordenes støtputeevne. Her sees hvorledes denne gjør sig temmelig ens gjældende hos den forvitrede og den uforvitrede lerjord. I pH-omraadet 5—6.5 er støtputeevnen meget svak, i omraadet 7—9 derimot betydelig.

Endelig medtar vi i fig. 9 titreringskurven for en prøve dyrket jord, nr. 137, fra mjeletraktene paa Romerike. Denne prøve er tat av de øvre 20 cm. i en aker (byg og havre) og bestaar av typisk, lys mjele-jord. Det er en meget mineralrik jord,

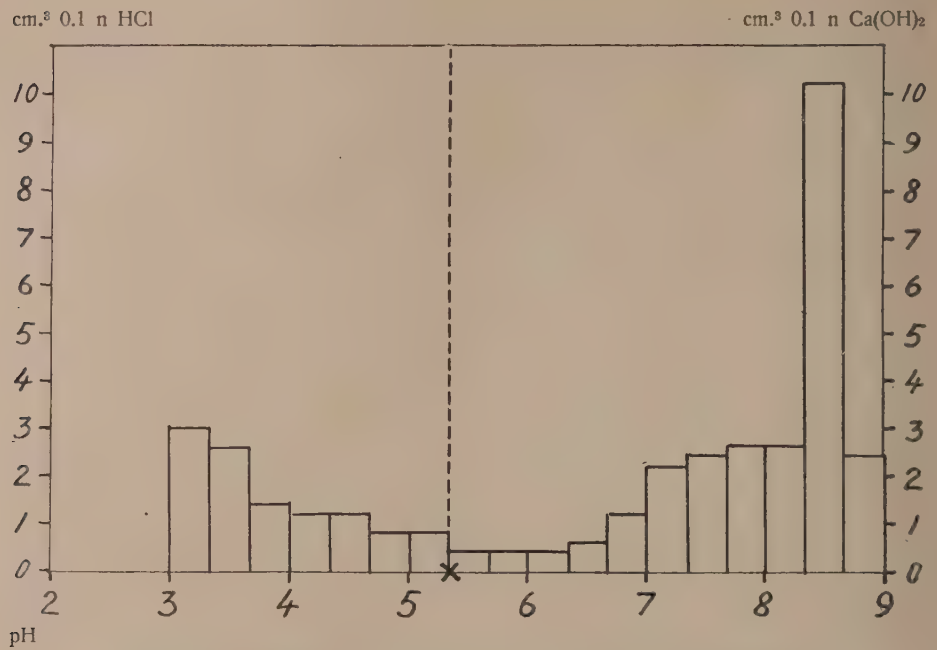

Fig. 7. Diagram over støtputeevnen for forvitret lere (nr. 139) under græsmark ved Okstad gaard i Strinda i Trøndelagen.

(Pufferkapazitäts-Diagramm verwittertes Ton in Wiesenboden (Nr. 139) in Strinda, Trøndelagen).

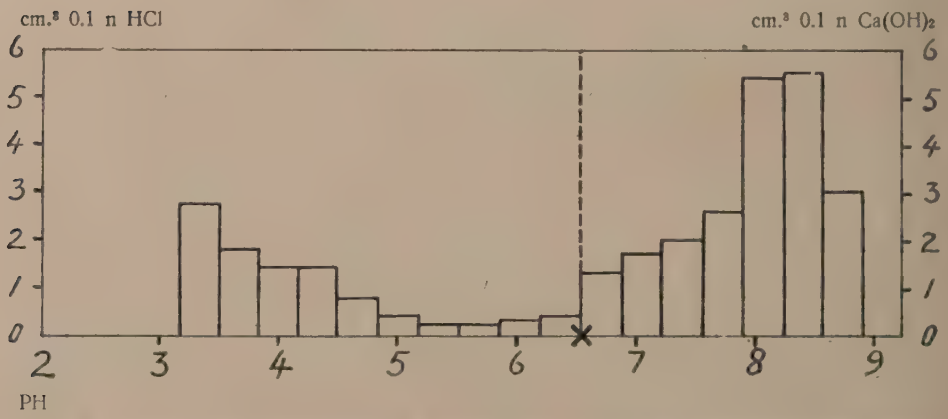

Fig. 8. Diagram over støtputeevnen for uforvitret lere (nr. 140) ved foten av terrassen under Okstad gaard i Strinda i Trøndelagen.

(Pufferkapazitäts-Diagramm nicht-verwittertes Ton (Nr. 140) in Strinda, Trøndelagen).

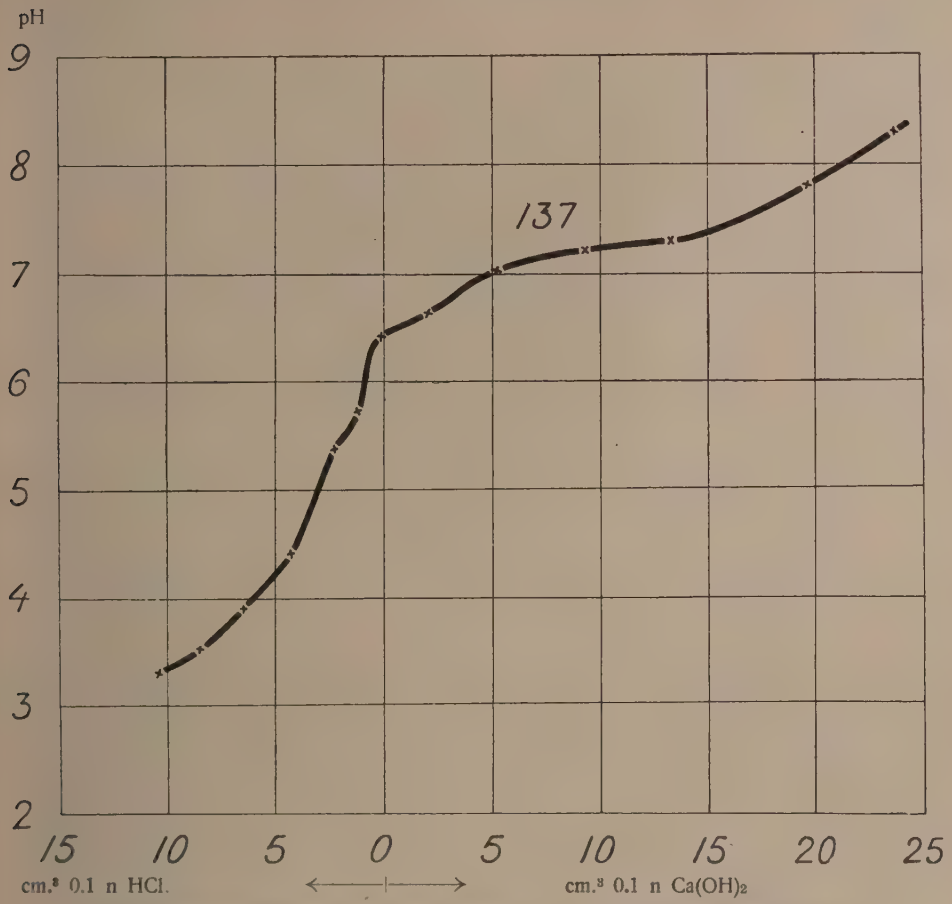

Fig. 9. Titreringskurve for mjele-jord fra aker (nr. 137) ved Kløften paa Romerike.
(Titrierungskurve gebautes Mjele-Boden (Nr. 137) bei Kløften, Romerike).

hvor $\frac{G}{A} = 0.068$, men dens titreringskurve viser allikevel store basebindende støtputeforraad like over neutralpunktet.

Av titreringskurver for løvskogjord er der i det følgende git nogen typer. Kurve 125 i fig. 10 gjælder en god, sandblandet muldjord i et litet løvskogholt (svartor, bjerk, ask, selje, hegg) med rik plantevegetation i en sydvendt skraaning under en fjeldskrænt ved Skjold i Fana. Kurve 128 gjælder god, grynet muldjord under hasselkrat i ellers artrikt plantesamfund i blandet løvskog ved Os. Begge er meget gode mineralrike jordtyper, karakteristisk for løvskog i disse ytre distrikter, og har ganske betragtelige støtputemængder som mobiliseres ved basetilsætning. Fig. 11 viser den sidste prøves (nr. 128) store støtputeevne omkring neutralpunktet.

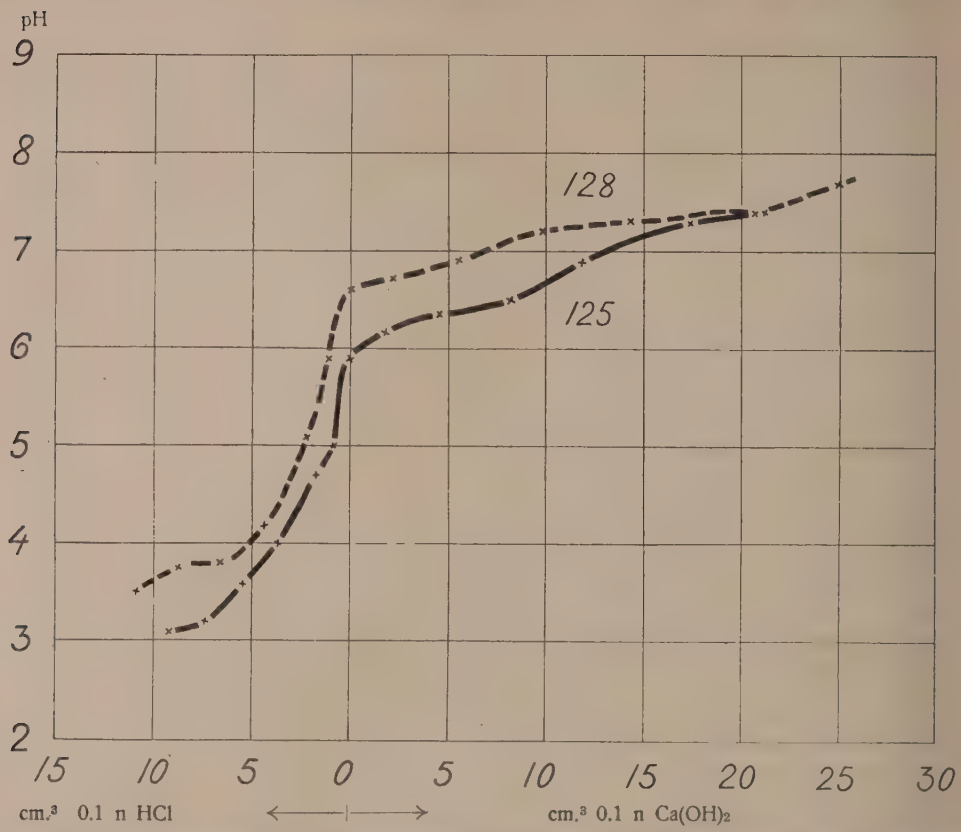

Fig. 10. Titreringskurver for god, sandblandet muldjord (nr. 125) i løvskogkrat i Fana pr. Bergen og for god, grynet muldjord (nr. 128) under hasselkrat i løvskog ved Osøren pr. Bergen.

(Titrierungskurven sandhaltiges Mull-Boden (nr. 125) in Laubwaldgebüsch in Fana pr. Bergen und Mull-Bodens (Nr. 128) in *Corylus*-Gebüsch bei Osøren pr. Bergen).

Kurvene i fig. 12 er fra silurtrakter i Asker ved Oslo. Kurve 129 er av stenholdig, god, grynet muldjord i artsrikt løvskogkrat over kalkrik skifer. Den har meget av baseneutraliserende stotputer, jevnt fordelt ovenfor neutralpunktet og ved syretilsætning et tydelig stotputeforraad ved pH = ca. 6.2 og et sterkere stotputeforraad ved pH = 4.8. Kurve 131 er fra jord som er tat bare 50 m. fra nr. 129 og over samme skiferfjeld, men i et tæt og næsten artsrent bestand av *Convallaria majalis*. Jorden her maatte rigtignok betegnes som muldjord, men den indeholdt adskillig av uformuldede planterester og repræsenterte i det hele tat en type med mindre rask formuldning. Jorden er dog en meget mineralrik jord og har praktisk talt samme askeindhold som nr. 129, men dens titreringskurve viser i syregrenen store

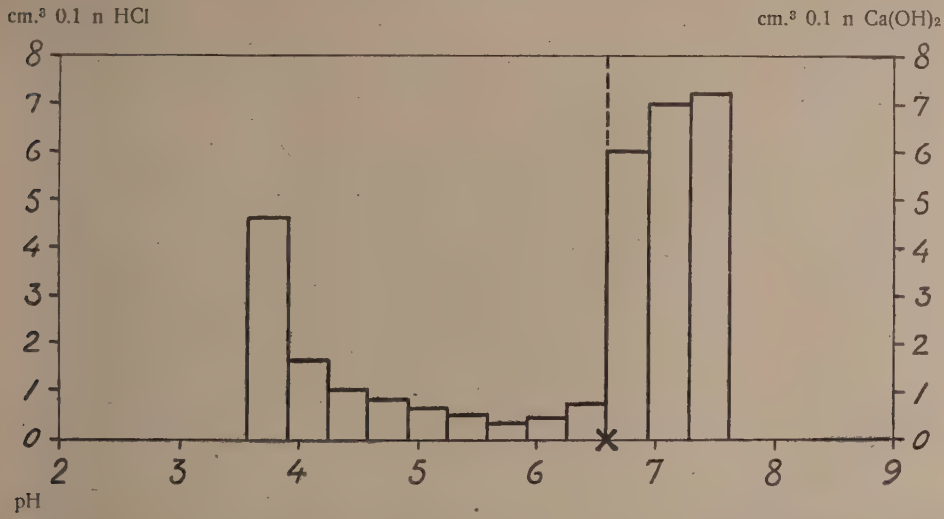

Fig. 11. Diagram over støtputeevnen for god, grynet muldjord (nr. 128) under hasselkrat i løvskog ved Osøren pr. Bergen.

(Pufferkapazitäts-Diagramm eines Mull-Bodens (Nr. 128) im *Corylus*-Gebüsch, Laubwald bei Osøren).

støtputeforraad som er virksomme ved pH = ca. 7.2, og selv tilsætning av 23 cm.³ 0.1 n Ca $(OH)_2$ bringer derfor ikke pH høiere end 7.6, mot 8.7 for samme basetilsætning i nr. 129. Den lille mængde daarlig formuldet organisk stof som den tætte *Convallaria*-bevoksning har git, indeholder tydelig nok store forraad av basebindende stoffer. Syretilsætning til denne prøve gir praktisk talt et lignende kurveforløp som for nr. 131, med utpræget støtputeforraad ved pH = 5.8 og 4.7.

Fig. 13 viser kurver for 3 jordprøver fra ekeskog ved Grimstad. Kurve 147 gjælder den mest mineralrike av disse prøver, en prøve som er tat i hasselkrat under ekeskog. Vegetationen var her karakterisert av *Viola Riviniana, Oxalis acetosella, Veronica Chamaedrys, Lathyrus montanus* og *Anemone Hepatica,* mens *Vacc. Myrtillus* kun forekom meget sparsomt. Jorden var rødbrun, kornet, god muldjord uten overliggende strødække, idet formuldningen av de organiske planterester her syntes at gaa meget hurtig.

Den aktuelle pH = 5.7. Syregrenen har et jevnt stigende forløp og viser at der er adskillig tilstede av støtputer, som mobiliseres ved basetilsætningen. Denne mobilisering foregaar noksaa likt med hensyn til styrke ved de forskjellige pH-værdier ovenfor den aktuelle reaktion, og tyder paa god formuldningsproces. Basegrenen avdækker et karakteristisk, men svakt støtputeforraad, som ogsaa her ligger ved pH = 4.8.

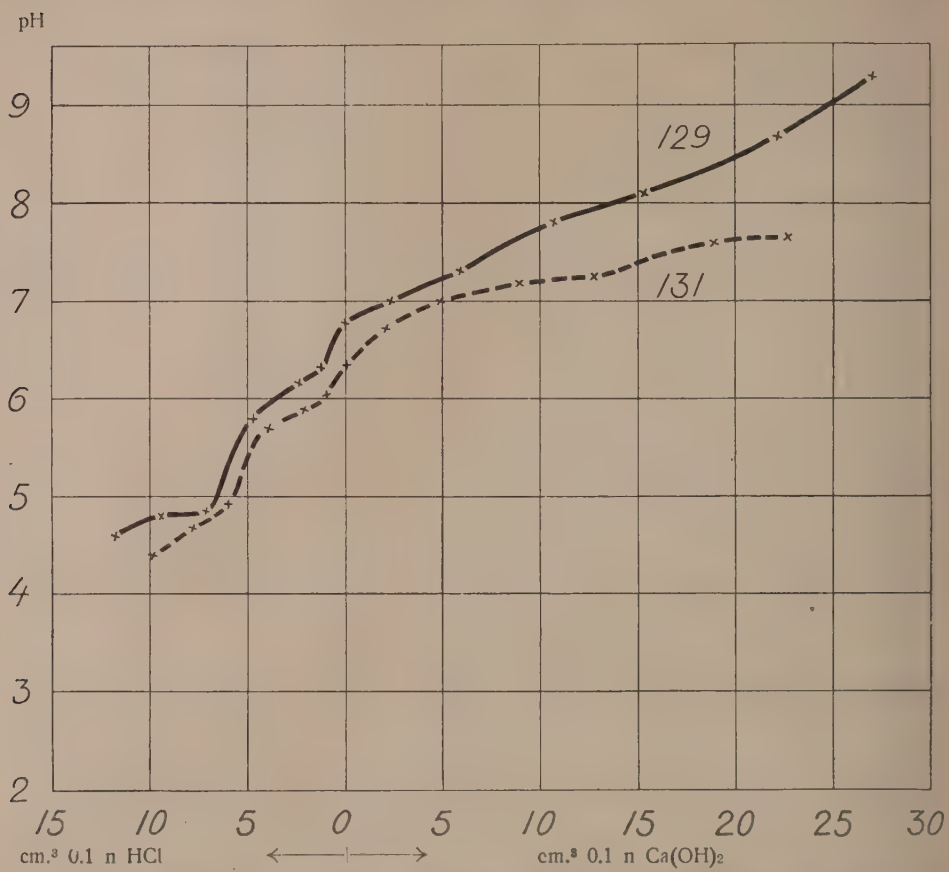

Fig. 12. Titreringskurver for god, grynet muldjord (nr. 129) i artsrikt løvskogkrat over kalkrik skifer i Asker pr. Oslo og delvis uformuldet muldjord (nr. 131) under rent *Convallaria majalis*-bestand ca. 50 m. fra nr. 129.

(Titrierungskurven für Mull-Boden (Nr. 129) in artsreichem Laubwaldgebüsch auf kalkreichem Schiefer. Asker bei Oslo und für Boden einer reinen *Convallaria majalis*-Association auf naheliegender Lokalität).

Kurve 145 gjælder jord som er tat knapt 150 m. fra nr. 147 under hoi, vakker ekeskog uten hassel, men forovrig spredt de samme arter som ovenfor nævnt for nr. 147. Desuten var imidlertid marken dækket av et temmelig tæt græsdække (*Poa* sp.). Jorden var sort, sandblandet, god muldjord som syntes at være av fortrinlig kvalitet, men har allikevel den overraskende lave pH = 4.8, den laveste værdi vi har fundet i jord med saa utpræget muldjordkvalitet. Titreringskurven løper for basetilsætning omtrent paralelt med kurven for nr. 147, men viser ved syretilsætning meget mindre stotputeforraad i omraadet pH = 5—3 og naar først ved pH = ca. 3.0 horisontalt forløp. Kurve 146 endelig gjælder jord som er tat paa en lokalitet ca.

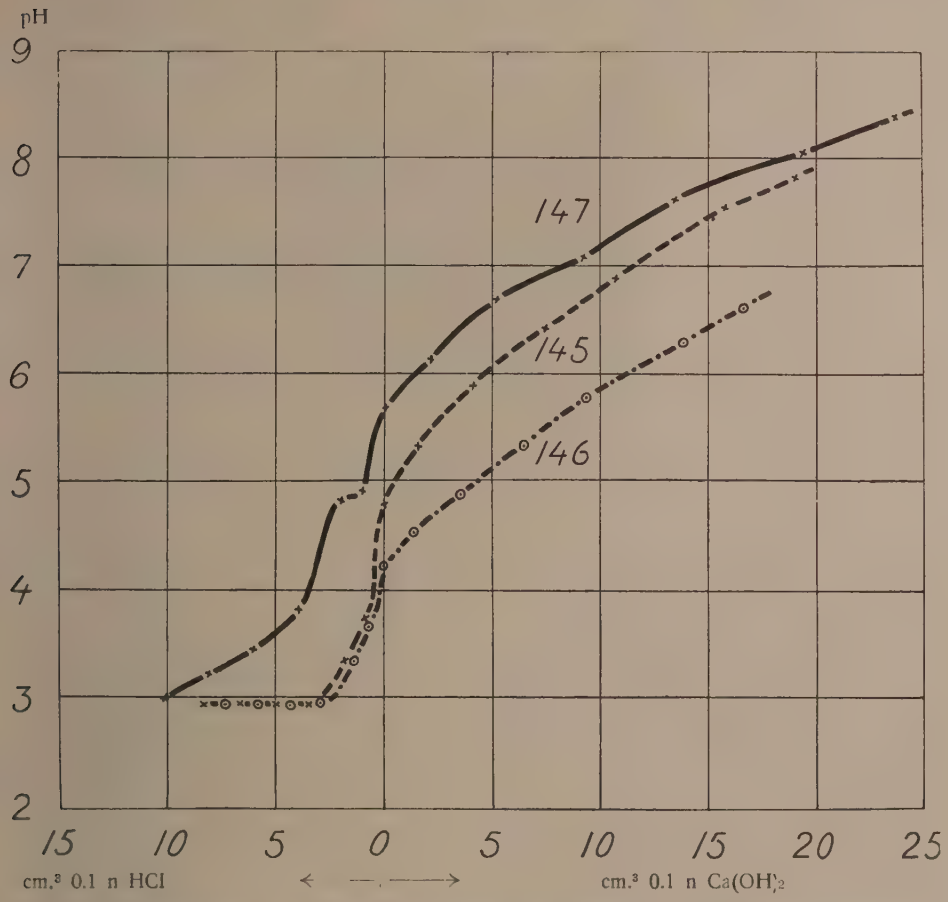

Fig. 13. Titreringskurver for 3 prøver fra ekeskog ved Grimstad. Nr. 147 er fra mineralrik jord under hasselkrat, nr. 145 under græsklædt mark og nr. 146 under tæt bevoksning av *Vaccinium Myrtillus.*

(Titrierungskurven für 3 Bodenproben aus Eichenwald bei Grimstad. Nr. 147 mullreicher Boden im *Corylus*-Gebüsch. Nr. 145 Mull-Boden aus Wiesenerde und Nr. 146 Rohhumusboden unter einer *Vaccinium Myrtillus*-Association).

50 m. fra nr. 145, fremdeles i samme ekeskog, men i en helt dominerende blaabærbevoksning *(Vacc. Myrtillus).* Under et 2 cm. strødække er der her 10 cm. jord, som er paa overgangen fra blaabærraahumus til muld. Den maa vel endnu betragtes som *Vaccinium-humus,* men er i en noget sterkere formuldet stand end denne vanligvis pleier være. Dens askeindhold (beregnet av tør jord) er bare 68.3 % mot 84.9 og 83.2 % for 147 og 145. Jordens aktuelle surhetsgrad er pH = 4.3, og titreringskurven viser ved basetilsætning en jevn stigning, omend den ikke naar neutralpunktet, selv ved tilsætning av 17 cm.³ 0.1 n Ca $(OH)_2$. En slik forløpende syregren

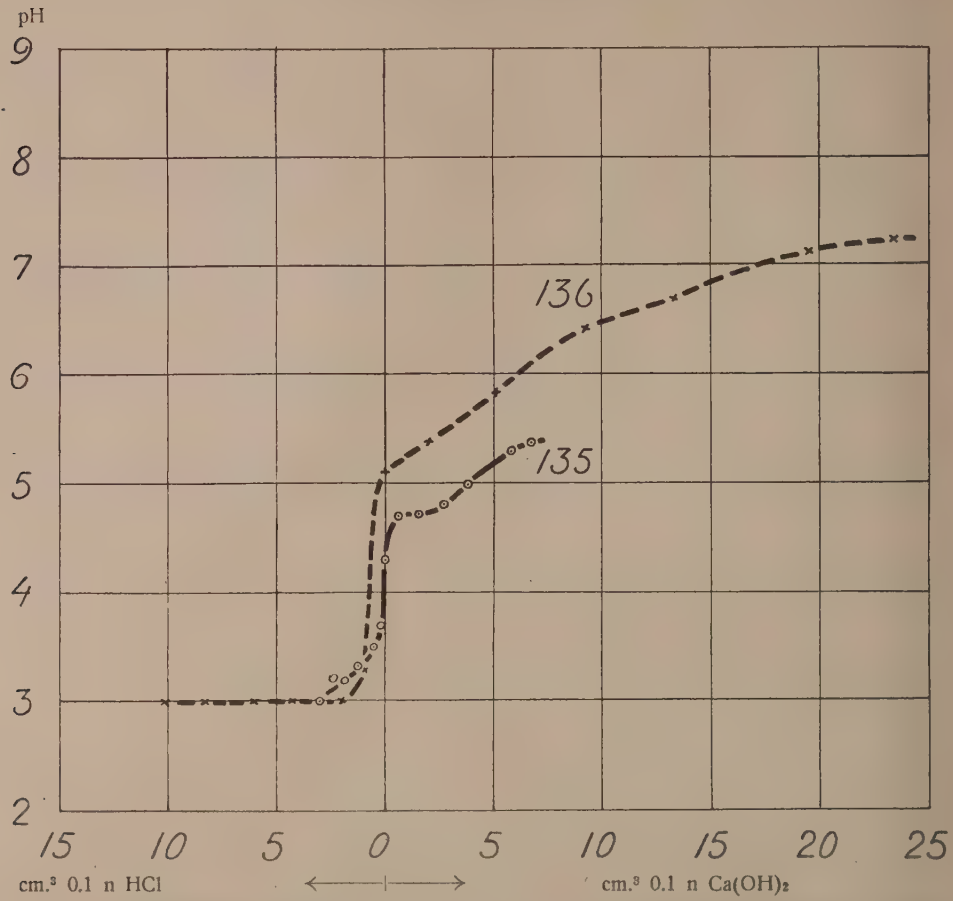

Fig. 14. Titreringskurver for raahumus (nr. 135) og derunder liggende typisk mjelejord (nr. 136) i furuskog ved Kløften paa Romerike.
(Titrierungskurven für Rohhumus (Nr. 135) und darunterliegenden Mjele-Boden (Nr. 136) in Kieferwald bei Kløften, Romerike).

er helt usedvanlig for *Vacc. Myrtillus*-humus og viser tydelig, at denne jord, sin oprindelse og sit utseende tiltrods, er naadd temmelig langt i formuldning og ikke længer har raahumusens sterkt basebindende egenskaper indenfor et snævert pH-omraade med et derav følgende næsten horisontalt forløpende kurveavsnit. Ved syretilsætning viser denne jord helt samme kurveforløp som nr. 145.

Kurvene 135 og 136 i fig. 14 gjælder jordprøver fra furuskog med bjerk paa typisk mjelejord ved Kløften st. paa Romerike. Der er her øverst et ca. 10 cm. tykt lag raahumus, bestaaende av furunaaler og dødt og levende materiale av *Vaccinium* og *Calluna*. Kurve 135 er titreringskurven for denne raahumus. Den har den for

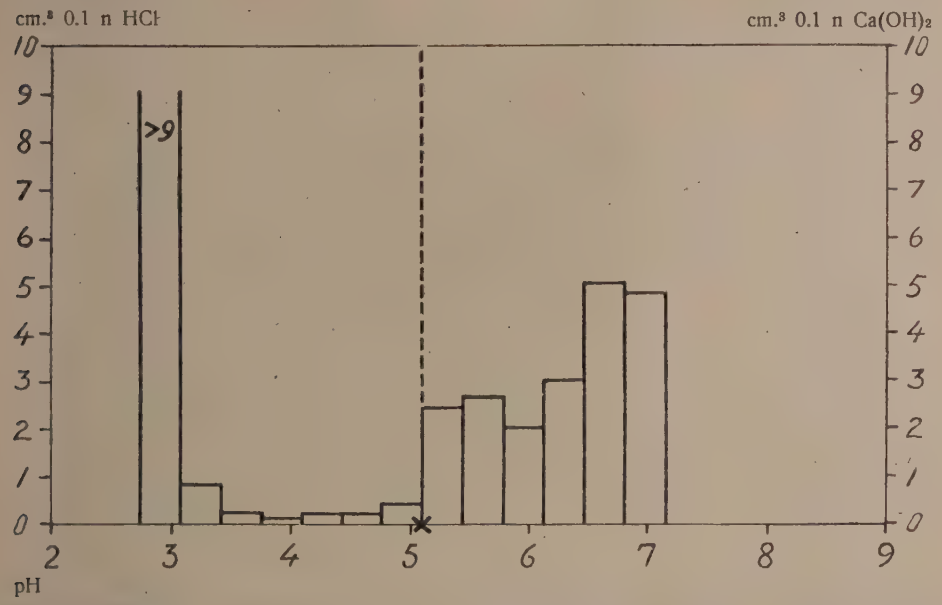

Fig. 15. Diagram over støtputeevnen for den noget humusfarvede mjelejord (nr. 136) i furuskog ved Kløften paa Romerike.

(Pufferkapazitäts-Diagramm schwach rohhumusgefärbtes Mjele-Boden (Nr. 136) in Kieferwald bei Kløften, Romerike).

slike jordarter helt karakteristiske lave aktuelle pH (4.3) og i sin syregren et tydelig støtputeforraad ved pH = 4.7—4.8.

Under raahumuslaget er der et ca. 2—5 cm. tykt lag noget sortfarvet mjele, og under dette igjen kommer den typiske uforandrede lyse mjele. Kurve 136 gjælder en prøve som bestaar av ca. $^4/_5$ typisk lys mjele og resten den av humusstoffer sortfarvede mjele. Som fig. 15 viser har prøven en forholdsvis stor støtputeevne i pH-omraadet 5—7, men mangler praktisk talt syrebindende støtputer før reaktionen naar ned i pH = 3.3.

Fig. 16 viser prøver paa titreringskurver fra furuskog ved Tveitsund. Bergarten er her granit, men skogen vokser paa de morænerester som ligger igjen ved elvens utløp av Nisservandet.

Kurve 142 gjælder jord i furuskog med litt indtrængende gran. Der er her ingen raahumusdannelse, og under det 5—7 cm. tykke dække av levende mos kommer 10 cm. mørkegraa, noget muldblandet, god sandjord. Titreringskurven for denne jord viser ingen utprægede, men jevnt fordelte støtputeforraad, og tiltrods for den lave aktuelle pH = 5.3 naar kurven forholdsvis snart over neutralpunktet.

Kurvene 143 og 144 gjælder jord fra en nærliggende lokalitet i ren furuskog. Her er et utpræget omend tyndt humusdække av furunaaler og furubark. Dette er dog

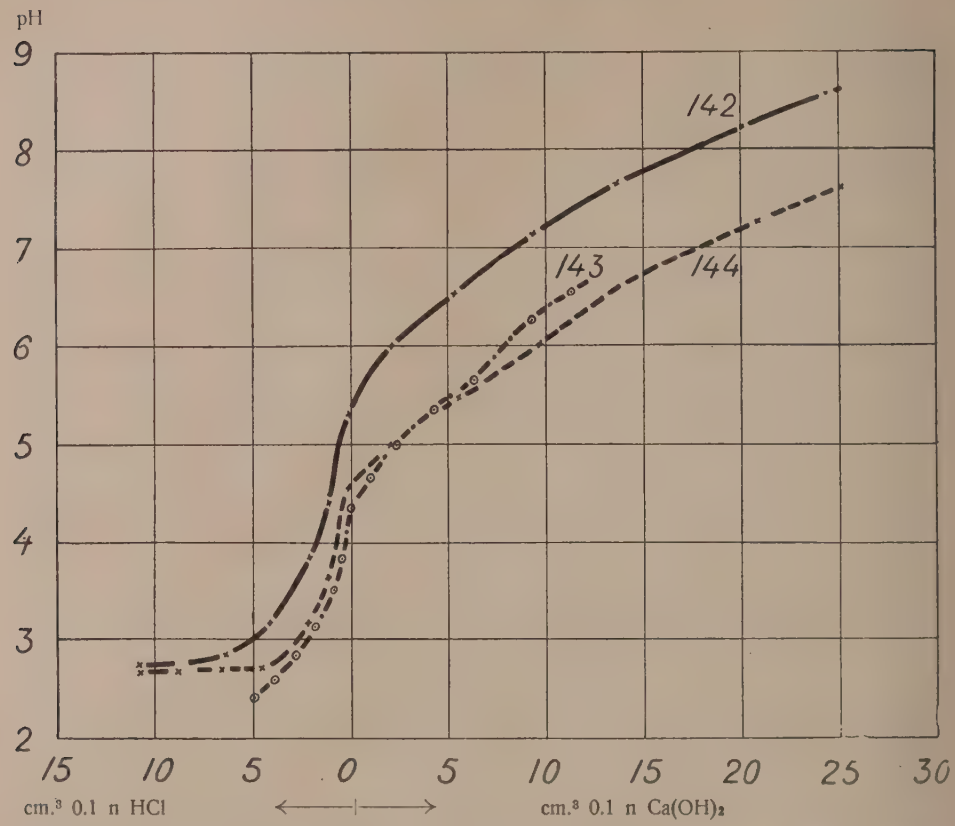

Fig. 16. Titreringskurver for muldblandet sandjord (nr. 142), løst strødække (nr. 143) og sortgraa grus- og sandjord (nr. 144) i furuskog ved Tveitsund i Treungen.

(Titrierungs-Kurven mullhaltiges Sandboden (Nr. 142), loser Streudecke (Nr. 143) und schwarzgraues Kies- und Sandboden (Nr. 144) in Kieferwald bei Tveitsund, Treungen).

meget løst og har mere form av strødække end av tæt raahumus. Jord nr. 143's titreringskurve viser da ogsaa tydelig at den ikke helt har raahumuskarakter, idet syregrenen selv om den viser betydelige basebindende forraad, dog er mere jevnt stigende end de typiske raahumuskurver. Under dette humuslag kommer uten mellemliggende blekjord et lag sortgraa — graa, fin grus eller sand, hvis partikler viser kvarts og feldtspat med liten forvitring. Titreringskurven for dette lag (nr. 144) avviker kun ubetydelig fra den foregaaende.

Yderligere prover paa titreringskurver fra furuskog er det her ikke nødvendig at gi. I vort tidligere arbeide (1921-a) har vi anført kurver for typiske p o d s o l-p r o f i l e r og skal derfor her bare henvise til dette arbeide.

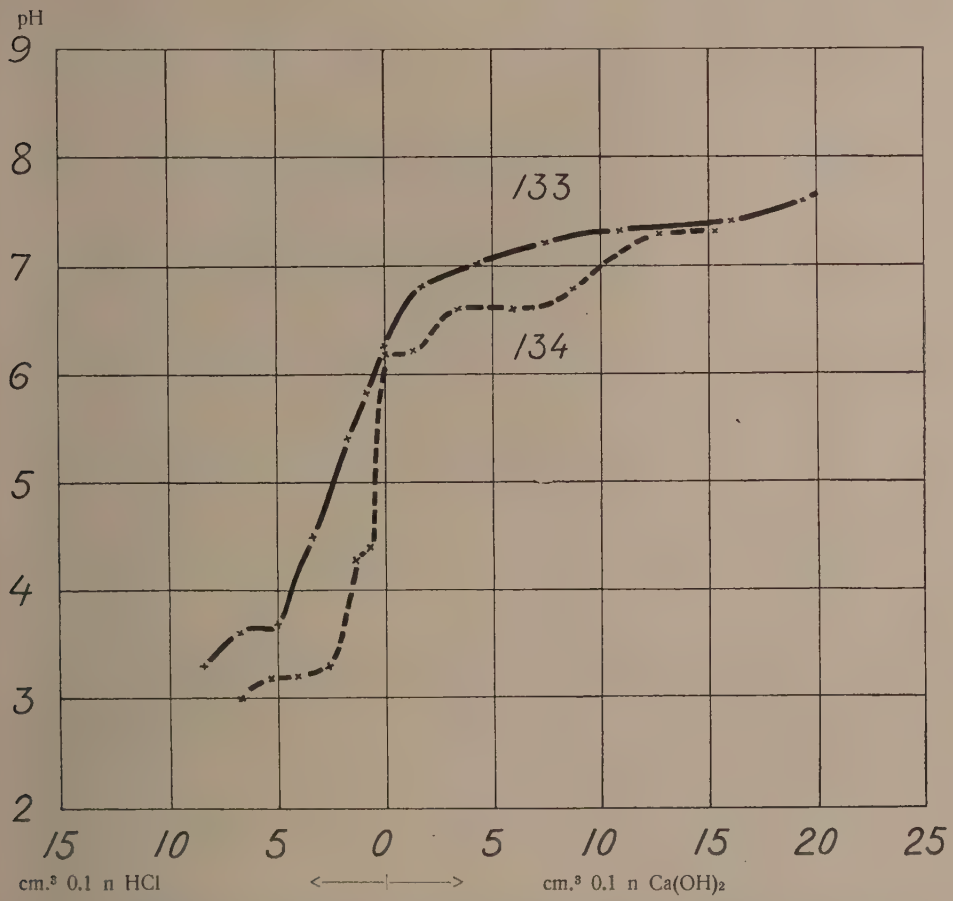

Fig. 17. Titreringskurver for sortgraa, sandholdig jord (nr. 133) i furuplantning i lyngmark og for sort, sandholdig, torvagtig jord (nr. 134) i lyngmark, begge i Sveio i Hordaland fylke.

(Titrierungskurven für schwarzgrauen, sandhaltigen Torf-Boden (Nr. 133). Kiefernkultur in Heide und für schwarzen, sandhaltigen Torf-Boden (Nr. 134) in Heide, beide in Sveio, Hordaland).

Ogsaa for lyngjord har vi i vort tidligere arbeide git typiske kurver og skal derfor her bare ta med nogen, fordi de repræsenterer nye typer eller fordi de maa behandles i sammenhæng med nitrifikationsspørsmaalet.

I fig. 17 er gjengit kurver for to prøver fra lyngmark i Sveio (konsul Sundførs plantefelt). Prøve nr. 133 er tat i en furuplantning i lyngmark, anlagt og fredet fra 1911. Furutrærne er ca. 0.8—1.3 m. høie og bevoksningen paa langt nær sluttet. Efter fredningen har græsveksten øket sterkt, og den oprindelige tætte lyng er næsten gaat ut. De dominerende arter i vegetationen er *Molinia coerulea* og *Narthecium ossifragum* med *Succisa pratensis* og en række andre arter som mindre

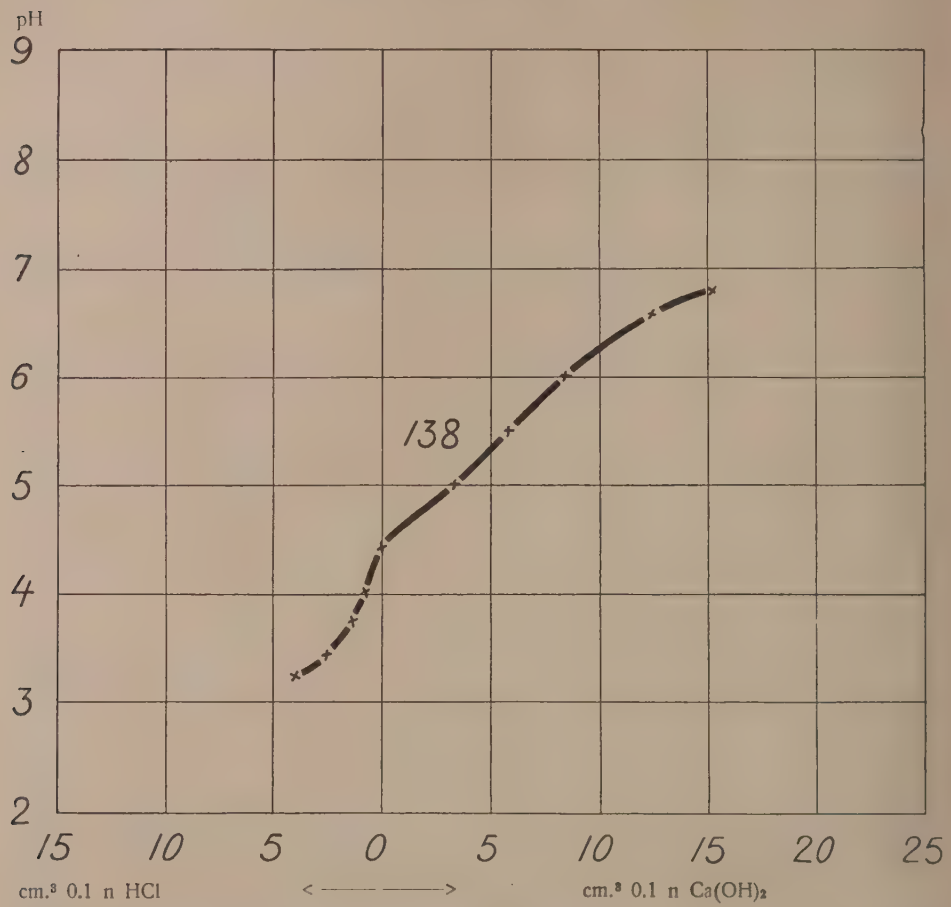

Fig. 18. Titreringskurve for sandblandet, torvagtig jord (nr. 138) i lyngmark ved Vigrestad paa Jæderen.
(Titrierungskurve sandhaltiges Torf-Boden (Nr. 138) in Heide bei Vigrestad, Jæderen).

fremtrædende bestanddel. Under et 2—4 cm. tykt lag rotfilt av græsrotter og mos kommer 10—20 cm. sortgraa, meget sandholdig, ikke torvagtig jord. (Aske beregnet av tør jord 86 % og $\frac{G}{A} = 0.16$). Denne jord gir den som nr. 133 optegnede kurve, der ved basetilsætning hurtig naar op mot neutralpunktet, men her viser rike stotpute-forraad ved pH = 6.9—7.6. Ogsaa ved syretilsætning mobiliseres adskillig av stotputer mellem pH = 6 og 4 og ved 3.6 et rikere forraad. Denne prove er som nævnt tat paa det indhegnede felt i bare 6 m.s avstand fra gjærdet. Like utenfor gjærdet, i den uforandrede lyngmark blev tat prøve nr. 134. Her er en ren og typisk lyngmark med *Calluna* helt dominerende og ellers spredt de samme arter som indenfor gjærdet. Græsveksten *(Molinia)* var meget sparsom. Under et 1—2 cm. tykt

mosdækkke laa der 10—15 cm. tæt, sort, sandholdig jord av torvkarakter. Dens askeindhold beregnet av tør jord er 57.5 %, $\frac{G}{A} = 0.74$ og altsaa næsten 5 gange saa stort som for nr. 133. Den aktuelle pH er 6.2 som for nr. 133, men titreringskurven viser ved basetilsætning et større støtputeforraad ved pH = ca. 6.6 og naar derfor først ved 10 cm.^{3} 0.1 n $Ca(OH)_2$ op til neutralpunktet. Ved syretilsætning synker kurven indenfor pH-omraadet 6—3.5 meget raskere end ved prøve nr. 133, og støtputeforraadet er altsaa her meget mindre.

Det er tydelig at markens fredning for beite (sauer) her har medført at græsveksten *(Molinia)* har tiltat saa sterkt at lyngen er kvalt. Dermed har jorden mistet sin torvkarakter og nærmer sig nu begunstiget av sit relativt store mineralindhold til muldjord. Undertrykkelsen av lyngen spores altsaa meget tydelig i titreringskurvens forløp.

Tilslut skal i fig. 18 gjengives titreringskurven for en lyngjord fra Vigrestad paa Jæderen. Denne prøve — nr. 138 — er tat under et vegetationsdække som væsentlig bestod av *Calluna vulgaris* og flere *Carex*-arter. Under 2 cm. strødække og litt mos var der 10 cm. torvagtig, noget sandblandet og hist og her svakt formuldet jord. Til torvagtig lyngjord at være indeholdt den relativt meget mineralstof, idet askeprocenten beregnet paa tør jord var 60.3 og $\frac{G}{A} = 0.662$. Jorden er med sin pH = 4.4 av de sureste vi har truffet; men dens titreringskurve har allikevel en paafaldende jevn stigning ved basetilsætning og viser derved, at jorden ikke er raahumusagtig torv, men torvjord som sandsynligvis paa grund av sit mineralindhold er i j e v n omend kanske langsom formuldning med alle stadier av denne proces repræsentert i prøven. Men den naar først ved tilsætning av 15 cm.^{3} base op mot neutralpunktet (til pH = 6.8), og det gjælder derfor for denne lyngjordprøve som for de fleste vi tidligere har undersøkt, at de indeholder ganske betydelige basebindende støtputeforraad.

Til en tilfredsstillende karakterisering av en jordarts reaktionsforhold hører først og fremst titreringskurven og diagrammet over støtputeevnen. Ved siden herav hører imidlertid ogsaa jordens a k t u e l l e p H - v æ r d i til de data som kræves, og som gir grundlaget for bedømmelsen av jordens egenskaper. I tab. nr. 3 har vi derfor sammenstillet en oversigt over de i vore undersøkelser fundne aktuelle pH-værdier. Som man ser er de gjennemsnitlige værdier for de forskjellige jordtyper ikke saa litet avvikende fra hinanden. Den dyrkede jord, løvskogjorden og merkelig nok ogsaa den lille klasse myrjord har de høieste gjennemsnitsværdier med pH = 6.0—6.1. Lyngmarken, hvor flere prøver vel er at betragte som torvjord, har et noget lavere gjennemsnit med pH = 5.8 og granskogjorden og furuskogjorden, hvor de rene raahumusprøver er rikelig repræsentert, har gjennemsnitlig en aktuel pH-værdi av 5.6.

Tabel 3. Oversigt over de undersøkte jordprøvers aktuelle pH.

(Der aktuelle pH der untersuchten Proben).

Dyrket jord
(Kultivierter Erdboden)

Nr.	pH
69	6.8
81	5.4
82	5.8
83	5.7
84	5.5
137	6.4
139	5.3
140	6.5
130	6.6
127	6.2
Gj.sn.	6.0

Løvskog
(Laubwald)

Nr.	pH
23	6.8
24	6.1
25	6.2
26	6.3
34	6.4
35	6.4
66	6.4
67	6.6
68	6.4
70	6.2
71	6.5
74	6.4
75	6.0
76	6.4
77	6.6
78	6.8
79	6.2
80	5.6
85	5.7
86	5.6
94	6.2

Løvskog (forts.)
(Laubwald)

Nr.	pH
101	5.6
102	6.0
107	5.7
115	5.6
116	5.6
117	6.1
120	6.0
125	5.9
128	6.6
129	6.8
131	6.3
145	4.8
146	4.3
147	5.7
Gj.sn.	6.1

Granskog
(Fichtenwald)

Nr.	pH
93	6.3
95	5.5
96	5.5
97	5.6
98	5.5
99	6.2
141	4.5
Gj.sn.	5.6

Furuskog
(Kieferwald)

Nr.	pH
36	6.0
37	6.2
38	6.3
39	6.3
40	6.0

Furuskog (forts.)
(Kieferwald)

Nr.	pH
41	6.3
72	6.0
73	6.2
100	5.6
103	5.6
104	5.6
105	5.8
112	5.4
113	5.6
114	5.6
132	5.7
135	4.3
136	5.1
142	5.3
143	4.3
144	4.5
Gj.sn.	5.6

Lyngmark
(Heide)

Nr.	pH
27	6.5
28	6.3
46	5.0
47	5.8
48	6.3
49	6.2
50	6.1
51	6.0
52	6.2
53	6.1
54	6.0
55	6.0
57	6.3
60	6.3
61	6.1

Lyngmark (forts.)
(Heide)

Nr.	pH
62	6.2
63	6.3
87	5.2
88	5.6
89	5.4
90	5.6
91	5.4
92	5.6
108	5.8
109	5.6
110	5.6
111	5.6
118	6.0
119	5.8
133	6.2
134	6.2
138	4.4
Gj.sn.	5.8

Myrjord
(Moorboden)

Nr.	pH
22	6.1
29	5.7
106	5.6
Gj.sn.	5.8

Torvjord
(Torferde)

Nr.	pH
56	6.2
58	6.2
59	5.7
64	6.3
65	6.2
Gj.sn.	6.1

Hvad først den dyrkede jord angaar, finder vi her flere prøver som med en pH $\leqq$ 6.5 nærmer sig sterkt den neutrale reaktion. Gjennemsnittet er for disse 10 prøver 6.0, og det ligger altsaa omtrent paa samme sted som de værdier der er fundet for dyrket jord i andre skandinaviske lande. Efter CHRISTENSEN (1923) har den største del av danske akerjordprøver en aktuel pH mellem 6.0 og 6.4, mens efter BRENNER (1924—1927) den finske kulturjord er avgjort surere, idet her hovedmassen av prøvene har en pH = 5.5—5.9. Det samme synes efter OSWALD (1926) at gjælde svensk jord, idet hovedmassen av hans prøver falder mellem pH = 5.6 og 5.9. Efter undersøkelser av ARRHENIUS (1923) ligger derimot reaktionen for de fleste svenske prøver betydelig høiere og omkring neutralpunktet. Hvad specielt norske jordarter angaar har GLØMME (1925 og 1926) en række analyser, som for kulturjords vedkommende viser at matjordlaget hyppigst har en aktuel pH omkring 6.0 eller noget derover; men der findes ogsaa her selvfølgelig store avvikelser, alt efter jordens kalkindhold, og der er i hans materiale repræsentert prøver med aktuel pH helt op til 7.5.

Forøvrig indbyr ikke det lille antal prøver av kulturjord som vi har undersøkt til nogen mere indgaaende diskussion av denne jordtypes aktuelle surhetsgrad.

Løvskogjorden er i tabellen repræsentert ved 35 prøver. Den gjennemsnitlige værdi for disse prøvers aktuelle surhetsgrad er 6.1, og ca. $^2/_3$ av dem har pH-værdier $\leqq$ 6.0. Vi finder ogsaa blandt dem et par prøver hvis surhetsgrad ligger nær neutralpunktet, men paa den anden side finder vi ogsaa her den sureste jord vi overhodet har i vort materiale, nemlig prøve nr. 146 som er *Vaccinium Myrtillus*-humus fra ekeskog. Saa sur jord har vi ellers kun i et par prøver (nr. 135 og 143) raahumusjord fra furuskog der ogsaa viser pH = 4.3.

Fra vort land foreligger ikke meget materiale til bedømmelse av lovskogjordbundens surhetsgrad. Fra den alpine bjerkeskog har man imidlertid meget detaljerte undersøkelser i CHRISTOPHERSENS (1925) omfangsrike undersøkelser i Sylene nationalpark. Jordens surhet varierer her meget med skogens markdække. I bjerkeskog med markvegetation karakterisert ved *Vaccinium Myrtillus* findes mange raahumusprøver med pH = 4.0—4.1, og kun undtagelsesvis naaes 4.4. Med *Calluna*-markvegetation er pH = 4.2—4.3 og i bjerkeskog med *Empetrum* findes saa lave pH-værdier som 3.8. Markdække av lyngvekster gir altsaa ogsaa her en meget sur raahumus med pH ned til omkring 4. Slike lave værdier finder vi kun undtagelsesvis blandt vore prøver, og det er kun den ene ovenfornævnte prøve nr. 146 fra utpræget blaabærbestand i ekeskog som har tilsvarende reaktion (pH = 4.3). De aller fleste av vore prøver, ogsaa bjerkeskogprøvene, er fra bestand hvor markdækket er en mere eller mindre rik græs- og urtevegetation, og her blir pH-værdien

straks høiere og ligger praktisk talt altid over 5.5 og hyppigst over 6.0. Dette stemmer ogsaa med CHRISTOPHERSENS resultater (l. c.), idet hans bjerkeskog med urtevegetation har en pH = 5.5—6.9.

Fra vore nabolande foreligger en række undersøkelser over lovskogjordens surhetsgrad. Særlig dansk skogjord er i saa henseende godt undersøkt. Det er her ikke nodvendig at gaa ind paa disse undersøkelser, men nævnes bør bl. a. BORNEBUSCH' arbeide (1925), hvor der vises at bokeskogjordens surhetsgrad varierer mellem pH = 4.0 og 6.4 og med de største antal prøver mellem 5.0 og 5.4. Værdien av pH varierer med bunddækkets flora. Surest er jorden under bunddække av *Oxalis* (gj.-sn. 4.7), mindre sur under *Anemone-Oxalis* (gj.sn. 5.0), og pH tiltar saa videre eftersom floraen ændrer fra *Galeobdolon-Asperula* (5.2), *Circea-Asperula* (5.3) til *Mercurialis*-typen med pH = 5.6 i gj.-snit.

Omfangsrike undersøkelser over bøkeskogens surhetsgrad er ogsaa utført av WEIS (1924), og det fremgaar av disse at bøkeskogjordens reaktion ligger mellem pH = 3.4 og 7.0, og i et enkelt tilfælde med rikelig kalk i jorden naaes endog pH 7.7.

I CARSTEN OLSENS store arbeide (1921) vises hvordan reaktionen i bøkeskogjord varierer mellem pH = 3.5 og 7.9 og hvorledes de forskjellige pH-trin har sin typiske flora, de sureste karakterisert ved *Vaccinium Myrtillus, Deschampsia, Convallaria* og *Majanthemum,* de mellemsure ved *Melica, Milium* og *Asperula,* mens *Anemone Hepatica, Mercurialis* og *Brachypodium* karakteriserer de mest basiske lokaliteter.

I forhold til den store variation i surhetsgrad som et med hensyn til overveksten ensartet samfund som bøkeskogen viser, er vore 35 lovskoganalyser av paafaldende ensformighet. Dette hænger selvfølgelig sammen med den ting at det er underveksten eller markdækket som i lovskogen for en væsentlig del betinger jordens reaktion, og denne er inden de nævnte danske bøkeskoge av meget stor variation — langt større end i vort forholdsvis ensartede materiale. I de av os undersøkte lovskogbestand er markdækket som regel av de associationstyper der karakteriserer den midlere surhet (pH = 5.0—6.5) eller endog nær neutrale reaktion (pH > 6.5), og kun undtagelsesvis kommer her ind et rent *Vaccinium Myrtillus*-bestand med sin pH = 4.3 (nr. 146). Forøvrig er det paafaldende for flere av vore lovskogprøver at visse karakterplanter her i ethvert fald kan utvikle sig dominerende paa jord av helt anden reaktion end de efter CARSTEN OLSEN kræver i de danske skoge. Vort materiale er endnu saa litet at det ikke lønner sig at gaa i detalj; men der kan eksempelvis henvises til prove nr. 131, hvor man i en skogkant finder et praktisk talt rent bestand av *Convallaria majalis* (kun iblandet faa individer av *Anemone Hepatica)* paa en jord (tat mellem rottene og til 30 cm. dyp) som har en aktuel pH = 6.3.

Og dog er i CARSTEN OLSENS undersøkelser denne plante dominerende ved de sureste jordarter og forekommer praktisk talt ikke ved pH > 4.2. Slike fund lar sig vanskelig forene med den ubetingede antagelse av at visse høiere karakterplanter kun formaar at utvikle sig indenfor bestemte, forholdsvis snevre pH-grænser. Det er derfor sandsynligere at det forholder sig slik som bl. a. BORNEBUSCH (l. c. 1925) hævder, at det er planten og planteavfaldet som danner grundlaget for jordens reaktion. I det nærliggende rike urtesamfund (nr. 129) i samme løvskog er pH = 6.8. Og naar der som i prøve nr. 131 under det 30 cm. tykke jordlag ligger sterkt kalkholdig skifer, har selv det tætte *Convallaria*-bestand ikke kunnet frembringe surere reaktion end pH = 6.3. I det hele kan vel *Convallaria majalis* forekomst i vort land som regel sættes i forbindelse med en betydelig høiere pH (ca. 6—7) end i de danske skoge.

Vi kommer forøvrig i et senere kapitel tilbake til løvskogens forskjellige typer i vort materiale.

Granskogjorden og furuskogjorden har i vort materiale samme gjennemsnitlige aktuelle pH, nemlig 5.6, og disse jordtyper er altsaa betydelig surere end løvskogjorden. Dette bekræfter de tidligere av NEMEC og KVAPIL (1924) gjorte iagttagelser og er ogsaa i overensstemmelse med det av FRANK (1927) nylig fremlagte materiale. Forøvrig er det jo en gammel og fra praksis velbegrundet kjendsgjerning at naaleskogjord gjennemsnitlig er surere end løvskogjord.

Av vore sureste prøver, med pH-værdier mellem 4.3 og 4.5, er de to (nr. 135 og nr. 143) utprægede raahumustyper, mens de to andre (nr. 141 og nr. 144) er sterkt mineralholdige sand- resp. forvitringsjordarter under raahumus (uten mellemliggende blekjordlag). Forøvrig er der i vort materiale fra naaleskogjord adskillige raahumustyper, hvis reaktion kun er middels sur med pH = ca. 5.4—5.6 (f. eks. nr. 95, 97, 112 m. fl.). Ekstremt sure typer med pH < 4.0 har vi ikke repræsentert i vort materiale; de vil imidlertid sikkert findes ogsaa i vort land, og da kanske fortrinsvis i høiereliggende skog. FRANKS sammenstilling (1927) viser en med høiden over havet sterkt tiltagende aciditet, og granskog paa granit f. eks. har i høider større end 700 m. o. h. gjennemsnitlige pH-værdier som ligger betydelig under 4.0.

Lyngmarkjordens 32 prøver har en gjennemsnitlig aktuel surhetsgrad svarende til pH = 5.8 og ligger saaledes midt imellem løvskogen og naaleskogen og ikke meget under den dyrkede jord. Værdiene for disse lyngmarkprøver er paafaldende jevne, idet de med to undtagelser ligger mellem 5.2 og 6.3. En eneste prøve naar pH = 6.5 og en prøve er nede i pH = 4.4. Man kunde efter alt som er skrevet og talt om den »sure lyngjord«, ha ventet at finde lavere pH-værdier. Naar saa ikke er tilfældet til trods for at materialet omfatter hele 32 prøver, maa dette bety at den vestlandske lyngjord ikke er saa sur som antat. Med hensyn til sin

aktuelle surhetsgrad maa den tvertimot regnes til de bare forholdsvis litet eller middels sure jordarter.

Det er dog ingen tvil om at der i Vestlandets lyngmarktrakter findes meget utbredt rene raahumustyper (med meget lavt mineralindhold), som er betydelig surere og sikkert har pH-værdier lavere end 4.0.

En anden ting er det at titreringskurvene for den vestlandske lyngjord viser at den som regel indeholder betydelige mængder av støtputestoffer som hindrer reaktionen i at forandre sig i basisk retning, og paa den anden side har den litet av støtputestoffer som hindrer forandring i sur retning. Forsaavidt som der altsaa maa store kalkmængder til for at føre dens reaktion henimot neutral reaktion kan jorden betegnes som sterkt sur.

De faa prøver vi har av myrjord kan heller ikke betegnes som meget sure.

4. Prøvenes indhold av NH_3 og NO_3 samt NO_3-produktion ved lagring.

Vi har for alle prøvers vedkommende undersøkt deres indhold av ammoniak- og nitritoxyderende bakterier ved podning av jord til næringsoplosninger og paafølgende kvalitativ eller kvantitativ analyse. Den »væske«-nitrifikation som kommer istand ved disse forsøk, er i mange tilfælder saa hurtig og sterk og fører saa snart til en totaloxydation at det ikke blev mulig at trække sammenligninger av kvantitativ art med hensyn til provenes nitrifikationsevne. Til en viss grad kan dette avhjælpes ved forsøk med jordnitrifikation. Ved disse har vi som beskrevet i vort første arbeide (1921-a) henstillet 200 cm.³ jord løst pakket i 500 cm.³ Erlenmeyerkolber ved 23—25° C. Efter 30 dage, hvorunder fordampet vand gjentagne gange blev erstattet, blev jordens nitratindhold analysert, og med fradrag av den nitratmængde som jorden oprindelig indeholdt, gir disse analysetal et uttryk for jordens nitrifikationsevne. Selvfølgelig har ogsaa denne metode sine mangler. Det man maaler er overskuddet av nitratproduktionen, idet jo en større eller mindre del av nitratene under forsøket assimileres av jordens sop og bakterier og fastlægges som eggehvitekvælstof. Nogen egentlig denitrifikation forekommer neppe i disse forsøk, idet surstoftilgangen maa antages at være tilstrækkelig stor til at hindre denne proces. Det er ingen tvil om at denne form for jordnitrifikationsforsøk gir ganske gode resultater for de sterkt nitrificerende prøver, hvis nitratproduktion er saa stor at de øvrige organismers salpeterassimilation kvantitativt liten rolle spiller.

I prøver med liten eller middels sterk nitrifikation kan dog forsøksresultatet tænkes at variere meget efter salpeterassimilationens styrke, og det blir her ikke let at sammenligne de enkelte prøver. Nogen veiledning med hensyn til jordens nitrifikationsevne vil vel dog disse forsøk gi i de fleste tilfælder.

Av faktorer som har avgjørende indflydelse paa nitrifikationens styrke maa fremfor alt nævnes jordens produktion av ammoniak, som er det grundlag processen bygger paa. Og det har derfor interesse at undersøke jordens ammoniakproducerende evne. Forsøk i denne retning har vi utført med en række prøver. Fremgangsmaaten har været den samme som ved bestemmelsen av jordens nitrifikationsevne. Først er bestemt jordens oprindelige ammoniakindhold, og efterat 200 cm.³ jord har været lagret paa Erlenmeyerkolber under samme betingelser som ovenfor nævnt, er dens indhold av ammoniak bestemt efter 30 dage. Differencen mellem de saaledes fundne værdier angir jordens ammoniakproduktion, dog her med den reservation at det i samme tidsrum dannede NO_3 og NO_2 maa tages i betragtning.

Bestemmelsen av ammoniak har vi utført (efter VALMARI) paa følgende maate:

200 cm.³ jord rystes 1 time med 400 cm.³ ammoniakfri 0.5 n NaCl-opløsning (29.2 gr. NaCl pr. liter), hvorefter der filtreres. En passende[1]) portion av filtratet (f. eks. 10—100 cm.³) fortyndes med NH_3-frit vand til 300 cm.³ og overføres til Kjeldahl-destillationsapparatet. Der tilsættes ca. 1 gr. vandfri soda og 200 cm.³ destilleres over i en 200 cm.³ maalekolbe som indeholder 5 cm.³ 0.1 n HCl. Destillatene fra de forskjellige prøver opbevares i glas med glasprop (som for hver gang maa meget omhyggelig rengjøres med sæpevand—syrevand—dest. vand), og deres ammoniakindhold bestemmes kolorimetrisk ved Nessler. Som sammenligningsvæske anvendes herunder en opløsning med kjendt indhold av NH_4Cl, og denne behandles nøiagtig paa samme maate som jorduttrækket med avdestillering under sodatilsætning. Der anvendes en ammoniumkloridopløsning med 0.01 mgr. NH_3 pr. cm.³, og der tages av denne til destillering portioner paa 5—10—20—30—40 cm.³ Disse destillater og jorduttræksdestillatene tilsættes 5 (eller 2) cm.³ Nessler-reagens, blandes godt og staar 24 timer i mørke, hvorefter den kolorimetriske bestemmelse foretages i Hehners cylindre.

En svakere eller livligere ammoniakproduktion i jorden vil i høi grad kunne influere paa nitrifikationens forløp, og det er let tænkelig at knap tilgang paa NH_3 nedsætter NO_3-produktionen i en jord som ellers, hvad bakterieindhold og øvrige egenskaper angaar, har gode betingelser for nitrifikation. For om mulig at faa en oversigt over disse forhold har vi utfort en række forsøk med jordnitrifikation, hvorunder jorden ved forsøkets begyndelse blev tilsat 10 cm.³ av en 1 % $(NH_4)_2SO_4$-opløsning. Opløsningen blev som fin dusch bragt utover jordprøven under gjentagen omrøring av denne og repræsenterer 21.2 mgr. N pr. kolbe (200 cm.³ jord)

[1]) Mængden maa avpasses efter den i filtratet tilstedeværende ammoniakmængde, idet den portion som anvendes til kvant. bestemmelse ikke maa indeholde mere end 0.5 mgr. NH_3.

eller 106.0 mgr. N pr. 1000 cm.^{3} jord. De i disse forsøk fundne resultater vil bli diskutert nedenfor.

I tab. nr. 4 er sammenstillet resultatene av jordnitrifikationsforsøkene for en række prøver.

Tilsætning av ammoniumsulfat har i alle vore prøver tat under ett hat en meget varierende indflydelse paa nitrifikationens kvantitative forløp. Som ovenfor nævnt repræsenterer tilsætningen 106 mgr. N pr. 1000 cm.^{3} jord eller 469 mgr. NO_3. Man har imidlertid ikke i nogen prøve faat hele denne kvælstofmængde omsat til NO_3 og i mange prøver er der overhodet intet utslag efter denne tilsætning.

Stort set kan de prøver, hvor ammoniaktilsætning er forsøkt, deles i følgende grupper:

Gruppe 1: Litet eller intet nitratindhold ved indsamling, i n t e t efter 30 dages lagring, hverken med eller uten ammoniaktilsætning.
Hit hører nr. 134 — 135 — 136 — 142 — 143 — 144 — 145 og 146.
Disse prøvers pH ligger mellem 4.3 og 6.2 med gjennemsnit 4.9.

— 2: Litet eller intet nitratindhold ved indsamling, relativt smaa — midlere mængder efter 30 døgns lagring baade med og uten ammoniaktilsætning.
Hit hører nr. 127 — 128 — 133 — 138 — 147.
Disse prøvers pH varierer fra 4.4—6.6 med gjennemsnit 5.8.

— 3: Smaa — midlere nitratmængder ved indsamling, større mængder efter lagring i 30 døgn uten tilsætning og med et par undtagelser meget større mængder efter tilsætning av $(NH_4)_2 SO_4$.
Hit hører prøve nr. 129 — 130 — 137 — 139 — 140 — 141.
Disse prøvers pH varierer fra 4.5—6.8 med gjennemsnit 6.0.

Det er altsaa en utpræget forskjel mellem den gruppe (1), hvor nitrifikation helt mangler og ammoniaktilsætning ikke har spor av virkning og den gruppe (3), hvor der er et sterkt utslag i nitrifikation. Den første har en gj.sn. pH = 4.9 og den sidste en = 6.0. Mellem disse ligger gruppe 2 med sin gj.sn. pH = 5.8 eller under hensyntagen til gjennemsnittets feil med praktisk talt den samme værdi som gruppe 3. Her er der en svak nitrifikation, og utslaget for tilsætning av ammoniumsulfat er litet. Det er vel neppe surhetsgraden alene som betinger denne forskjel i nitrifikation mellem gr. 2 og 3. Derimot er det sandsynlig at det er surhetsgraden som hindrer nitrifikationen, d. v. s. bakteriernes utvikling i gr. 1, idet det største antal prøver her har pH ca. $\leq$ 5, og ikke mindre end 5 av disse 8 prøver i kulturforsøkene har helt manglet ammoniakoxyderende bakterier. Det er imidlertid meget paafaldende at gr. 3 har en prøve, nr. 141, hvor der foregaar en kraftig nitrifikation tiltrods for at pH = 4.5. Nitratindholdet er her ved indsamlingen ca. 47 mgr. og efter 30 døgns lagring ca.

119 mgr., altsaa en meget betydelig økning i denne sterkt sure jord. Tilsætningen av 106 mgr. N som ammoniumsulfat har imidlertid sænket nitratproduktionen i 30 døgn til 66 mgr. eller nær det halve. Dette kan neppe skyldes andet end at nitrifikationen av ammoniumsulfatforbindelsen foruten at skape salpetersyre ogsaa har frigjort svovlsyre, og denne sterke syreproduktion har gjort den i forveien sterkt sure jords reaktion saa sur, at bakteriene hindres i sin virksomhet. Det er sandsynlig at vi her i denne prøve har repræsentert en forholdsvis sjelden bakteriestamme med utpræget evne til at nitrificere ved sterkt sur reaktion, ved en $pH < 5$. Desværre lykkedes det os ved de senere omtalte kulturforsøk ikke at faa disse bakterier til utvikling i næringsopløsninger.

For oversigtens skyld er i tabel nr. 4 ogsaa medtat de mange analyser, som er publicert i vort tidligere arbeide (1921-a). Med hensyn til jordartenes nitratproduktion ved lagring uten tilsætning av ammoniak har de nye analyser ikke ændret de slutninger, vi i det nævnte arbeide kunde trække av det dengang publicerte analysemateriale. Den dyrkede jord udmerker sig fremdeles ved sin sikre nitrifikationsevne. De 10 prøver viser ved indsamlingen gjennemsnitlig et indhold av 13.97 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord, med variation fra 0.5 til 48.9 mgr. Efter lagringen er det gjennemsnitlige indhold av NO_3 99.29 mgr., med variation fra 3.9 til 211.3 mgr.

Tabel 4. Jordprøvenes NH_3- og NO_3-produktion.
(NH_3- und NO_3-Produktion der Erdproben.)

Nr.	Akt. pH	Jordens indhold i mgr. pr. 1000 cm³ av NH_3		NO_3		
					Efter 30 dager	
		Oprindelig	Efter 30 dager	Oprindelig	Uten $(NH_4)_2SO_4$-tilsætning	Med $(NH_4)_2SO_4$-tilsætning
		Dyrket jord. (Kultivierte Erde.)				
9				13.0	97.5	
10				45.5	211.3	
69	6.8			1.1	13.8	
81	5.4			31.2	155.6	
82	5.8			20.6	84.7	
83	5.7			0.5	3.9	
84	5.5			1.3	15.3	
137	6.4	1.632	0.785	3.9	138.8	482.0
139	5.3	3.380	o-spor	48.9	160.5	184.3
130	6.6	0.448	1.200	1.7	47.2	341.7

(Forts.)

Løvskogjord.
(Laubwalderde.)

5				1.1	27.9	
18				0.0	5.2	
19				0.0	0.6	
20				1.0	63.1	
23	6.8			0.4	28.6	
24	6.1			1.1	44.7	
25	6.2			0.2	7.1	
26	6.3			0.5	16.9	
34	6.4			0.0	0.5	
35	6.4			0.7	21.3	
66	6.4			4.2	68.4	
67	6.6			2.8	20.4	
68	6.4			19.3	85.3	
70	6.2			12.3	105.4	
71	6.5			4.0	25.0	
74	6.4			14.5	107.3	
75	6.0			15.6	114.4	
76	6.4			0.8	32.0	
77	6.6			5.4	107.9	
78	6.8			13.0	55.4	
79	6.2			15.8	133.4	
80	5.6			8.9	80.7	
85	5.7			20.7	99.2	
86	5.6			2.9	29.2	
94	6.2			37.9	280.6	
101	5.6			0.8	1.9	
102	6.0			1.0	34.0	
107	5.7			0.7	0.8	
115	5.6			0.7	9.2	
116	5.6			0.7	28.1	
117	6.1			1.0	24.0	
120	6.0			3.9	52.6	
129	6.8	1.663	2.107	2.2	26.4	269.5
131	6.4	—	31.760	8.9	79.5	—
145	4.8	25.270	53.950	2.6	o-spor	o-spor
146	4.3	21.530	36.180	3.3	o-spor	o-spor
147	5.7	8.320	8.160	4.1	31.3	49.7

(Forts.)

Granskogjord.
(Fichtenwalderde.)

12				0.4	0.4	
13				0.4	0.4	
14				0.4	0.4	
93	6.3			0.6	20.9	
95	5.5			0.4	0.9	
96	5.5			0.4	2.0	
97	5.6			0.4	0.8	
98	5.5			0.4	1.8	
99	6.2			0.4	1.0	
141	4.5	3.435	10.19	47.5	119.4	66.0(!)

Furuskogjord.
(Kieferwalderde.)

7				1.1	4.7	
8				0.5	9.9	
15				0.0	0.0	
16				0.0	0.0	
21				2.6	113.0	
36	6.0			0.4	0.4	
37	6.2			0.4	0.4	
38	6.3			0.6	1.5	
39	6.3			0.4	0.4	
40	6.0			0.4	0.4	
41	6.3			0.4	0.4	
72	6.0			0.4	0.4	
73	6.2			0.4	0.4	
100	5.6			0.4	0.4	
103	5.6			8.8	77.3	
104	5.6			7.8	42.1	
105	5.8			2.5	41.6	
112	5.4			0.4	0.6	
113	5.6			0.8	0.7	
114	5.6			0.7	2.4	
132	5.7	2.413	—	10.6	128.1	—
135	4.3	0.578	2.127	spor	0	0
136	5.1	1.636	3.340	spor	0	0
142	5.3	6.000	15.950	9.0	o-spor	o-spor
143	4.4	3.270	4.92	4.5	o-spor	o-spor

(Forts.)

Lyngjord.
(Heideerde.)

1				1.7	41.3	
2				4.2	33.7	
3				0.5	11.3	
4				2.1	30.4	
11				0.0	2.3	
17				0.0	0.0	
27	6.5			0.2	40.0	
28	6.3			0.2	1.7	
46	5.0			0.4	0.4	
47	5.8			0.4	0.4	
48	6.3			0.4	0.4	
49	6.2			0.4	0.4	
50	6.1			0.4	0.4	
51	6.0			0.4	0.4	
52	6.2			0.4	0.4	
53	6.1			0.4	0.4	
54	6.0			0.6	0.5	
55	6.0			0.4	1.0	
57	6.3			0.4	0.4	
60	6.3			0.4	0.4	
61	6.1			0.4	0.4	
62	6.2			0.6	0.4	
63	6.3			0.6	0.4	
87	5.2			0.4	0.4	
88	5.6			0.4	0.4	
89	5.4			0.4	0.4	
90	5.6			0.4	0.4	
91	5.4			0.4	0.4	
92	5.6			0.4	0.9	
108	5.8			0.9	0.7	
109	5.6			0.4	0.6	
110	5.6			3.2	146.2	
111	5.6			0.4	1.6	
118	6.0			0.4	9.1	
119	5.8			0.4	0.8	
133	6.3	0.756	2.827	1.5	9.8	7.0
134	6.2	0.202	0.241	0.0	0.0	0.0
138	4.4	4.890	9.900	2.9	3.0	9.5

(Forts.)

Myrjord.
(Moorboden.)

6				1.8	57.4
22	6.1			0.2	0.7
29	5.7			4.5	1.6
106	5.6			5.0	35.5

Torvjord.
(Torfboden.)

56	6.2			0.4	0.4
58	6.2			0.6	0.4
59	5.7			0.4	0.4
64	6.3			0.6	0.4
65	6.2			0.4	2.4

Løvskogjordens indhold av nitrater ved indsamlingen er meget varierende, og det er mange prøver som praktisk talt ikke indeholder nævneværdige mængder. Det gjennemsnitlige indhold blir for disse 37 prøver 5.8 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Næsten alle disse prøver har imidlertid ved lagring i 30 dage vist evnen til at producere større eller mindre mængder nitrater, og den gjennemsn. nitratmængde efter 30 dage er 49.9 mgr. NO_3. Rigtignok er der 4 prøver (nr. 19 — 34 — 101 — 107) med liten økning i nitratindholdet, men for alle disse prøver gjælder det at man maa anta, at nitratassimilationen av andre mikroorganismer er saa sterk, at nitratøkningen paa grund av nitrifikation blir minimal. De har nemlig alle en ganske god væskenitrifikation. Der er imidlertid 2 prøver, nr. 145 og nr. 146, som helt synes at mangle nitrifikationsevne. Deres indhold av nitrater var ved indsamlingen meget litet, og efter 30 døgns lagring er der baade med og uten ammoniaktilsætning kun spor av NO_3 at finde. Derimot er indholdet av ammoniak i disse prøver meget stort, og dette, sammenholdt med prøvenes sterkt sure reaktion, synes at tyde paa at jordnitrifikationen her er minimal eller ingen. For prøve nr. 146's vedkommende er dette forstaaelig, idet den jo bestaar av blaabærraahumus, rigtignok paa overgangen mot mere muldagtig jord. Men prøve nr. 145 som er tat av sort, sandblandet, god muldjord under græs- og urtevegetation i ekeskog, overrasker ved sin mangel paa nitrifikationsevne. Ogsaa væskenitrifikationen er som vi senere skal se her noget eiendommelig. Det lykkedes nemlig ikke at faa nogen sikker og sterk nitrifikation av ammoniumsulfat ved pH-værdier lavere end 7, og oxydation av nitriter fandt heller ikke sted ved lavere værdier end 7. Prøven indeholdt derfor sikkert litet av de nitrifikationsbakterier som virker ved sur reaktion, og det er forstaaelig at den med sin

aktuelle pH av 4.8 ikke har nogen jordnitrifikation. For prøve nr. 146 er væskenitrifikationens resultater endnu mere avgjørende, idet der med denne jord som podningsmateriale overhodet ikke var mulig at faa istand nitrifikation i ammoniumsulfatopløsninger. Og podning til nitritopløsninger gav ogsaa med en undtagelse ikke oxydation ved pH-værdier < 7.0. Dette resultat er saa avgjørende at man vel for disse to jordprøver med tryghet kan si, at de krav som deres nitrifikationsbakterier stiller til reaktionen ikke kan tilfredsstilles av den sure jord, og at denne derfor tiltrods for rikelig ammoniakproduktion ikke viser nogen jordnitrifikation.

Ogsaa løvskogjorden viser os eksempler paa jordens forskjellige utslag ved tilsætning av ammoniumsulfat. I prøve nr. 129 har tilsætningen av 106 mgr. ammoniak-N git en økning i NO_3 paa mere end det 10-dobbelte, mens økningen i nr. 147 ikke naar det dobbelte.

Forøvrig er der ikke mere at si om løvskogjorden end at vore analyser viser, at den som regel har en ikke liten evne til at producere nitrater, og at denne evne ikke synes hindret av jordens reaktion før dens aktuelle pH gaar under 5.5—5.0.

Granskogjordens 10 prøver viser gjennemgaaende liten nitrifikationsevne. Ved indsamlingen indeholder jorden gjennemsnitlig 5.1 mgr. og efter 30 dogns lagring 14.8 mgr. NO_3 pr. 1000 $cm.^3$ jord. Her maa imidlertid merkes at disse i og for sig ikke ubetydelige værdier skyldes praktisk talt bare den ene prøve nr. 141, mens nitrifikationen i de andre prøver med en undtagelse er helt ubetydelig. Tilsætning av ammoniumsulfat til prøve nr. 141 har merkelig nok sat produktionen av NO_3 ned med næsten 50 %. Nitrifikationen i denne jord foregaar i et meget surt substrat, idet jordens aktuelle pH er bare 4.5, og det er derfor som før nævnt mulig, at tilsætningen av forholdsvis store mængder ammoniumsulfat med paafølgende nitrifikation av dette har frigjort saa meget syre, at den for sterkt sure reaktion er blit for sur for nitrifikationsbakteriene og derved hurtig har stanset dem i deres virksomhet.

Furuskogjorden viser omtrent det samme forhold. Det gjennemsnitlige indhold av NO_3 ved indsamling og efter lagring er her 1.7 og 12.3 mgr. pr. 1000 $cm.^3$ jord, men ogsaa her gjælder det at disse værdier skyldes nogen faa prøver (nr. 21 — 103 — 104 — 105), mens de fleste furuskogprøver viser en meget liten nitrifikationsevne. Dette forhold synes ikke absolut at bero paa jordens surhetsgrad, idet jo mange av prøvene, f. eks. nr. 36 og nr. 73, har en aktuel pH 6.0, og ved denne reaktion har mange prøver løvskogjord eller dyrket jord vist nitrifikationsevne. Det maa være specielle forhold ved jordens sammensætning som betinger disse forhold.

De jordprøver fra furuskog, som har været gjenstand for elektive væskeforsøk ved lavere pH-værdier, skal kort omtales.

Prøve nr. 132 er god muldjord i furuskog med markdække av græs- og *Carex*-arter m. m. Den har git væskenitrifikation (av ammoniumsulfat) praktisk talt bare i opløsninger med kalciumkarbonat, men har allikevel trods sin relativt sure reaktion (pH = 5.7) git en betydelig jordnitrifikation ved lagring.

Prøve nr. 135, som er typisk og ren raahumus, har i væskeforsøk ikke vist spor av nitrifikation hverken i ammoniumsulfat- eller nitritopløsninger. Denne jord synes derfor overhodet ikke at indeholde nitrifikationsbakterier, og dens mangel paa jordnitrifikation er forstaaelig.

Prøve nr. 136, som er av mineraljorden (mjele) under nr. 135, viser i ammoniumsulfatopløsninger kun oxydation i alkaliske trin og intet i de sure opløsninger. Ved podning til nitritopløsninger kommer der ogsaa først i en række forsøk kun totaloxydation i alkaliske opløsninger og en svak oxydation ved pH = 6.7. Men efter langvarige elektive kulturforsøk optrær der ogsaa god oxydation ved pH = 6.4—6.5 eller i en serie endog ved pH = 6.2. Selv om de i sure opløsninger virksomme bakterier altsaa maa ha været tilstede i et litet antal, har prøven sikkert overveiende kun indeholdt de i alkaliske opløsninger nitritoxyderende bakterier. Mangel paa jordnitrifikation blir derfor forstaaelig for disse to prøver med deres aktuelle pH av henholdsvis 4.3 og 5.1.

Av de to prøver nr. 142 og nr. 143 er den første fra mineralrik jord, den sidste fra ren raahumus. De indeholder ved indsamlingen smaa mængder NO_3, men efter lagring baade med og uten tilsætning av ammoniumsulfat er der kun spor av NO_3, og jordnitrifikationsevnen er derfor meget liten eller ingen. Væskekulturene gir forklaringen. Ingen av prøvene formaar ved podning til ammoniumsulfat at faa igang nogen sterk oxydation av denne, og selv i alkaliske opløsninger som nr. X med kalciumkarbonat (se s. 123) er utfaldet negativt — ingen ammoniakoxydation. Under disse forhold spiller det mindre rolle at begge prøver ved podning til nitritopløsninger gir oxydation, den første ned til pH = 6.7 og den sidste til 6.2. De aktuelle pH-værdier for disse jordprøver er henholdsvis 5.3 og 4.4 og ligger altsaa saa langt under bakterienes nedre nitrifikationsgrænse at man vanskelig kan vente nogen nitrifikation, selv om prøvene hadde været istand til at oxydere ammoniumsulfat, hvad de altsaa ikke er.

Lyngjorden viser ogsaa gjennemgaaende liten jordnitrifikation. Ved indsamlingen findes gjennemsnitlig 0.74 mgr. NO_3 og efter 30 døgns lagring 8.97 mgr. pr. 1000 cm.^{3} jord. Denne sidste, ikke ubetydelige værdi, er bevirket av nogen faa sterkt nitrificerende prøver, der for en del bestaar av lyngjord som er sterkt forandret i sin sammensætning, f. eks. ved rikelig tilførsel av bladavfald fra *Juniperus* eller *Larix*, og kan derfor kun med reservation medregnes her.

I de 3 prøver som er tilsat ammoniumsulfat, er der ikke herved kommet nogen nævneværdig økning i NO_3-produktionen, og det kan derfor neppe være ammoniakmangel som hindrer nitrifikationen. De væskekulturforsøk som er foretat med to av disse prøver, viser da ogsaa med temmelig stor sikkerhet hen paa, at det er jordens bakterieindhold som er aarsaken. Podning til ammoniumsulfatopløsning har for begge disse jordprøver kun git totaloxydation ved høie pH-værdier fra 7.6—8.0, altsaa i svakt alkaliske opløsninger. Og kun i nr. 133 var der en ganske svak oxydation ved pH = 6.7, en oxydation som det ikke lykkedes at føre videre. Prøvene har altsaa ikke git noget utslag som tyder paa, at de indeholder de i sure oplosninger med pH = 6.2—6.7 ammoniakoxyderende bakterier, og da deres aktuelle pH er henholdsvis 6.2 og 6.3, er det forstaaelig at de i alkalisk opløsning virksomme bakterier ikke kommer i virksomhet i jorden. Ogsaa podning til nitritopløsninger gav interessante resultater, idet der for disse to prøver her blev fundet en nedre oxydationsgrænse ved pH = 6.4—6.5. De indeholder altsaa ikke de ved pH = 6.1—6.4 sterkt nitritoxyderende bakterier, og ogsaa dette forhold stiller sig hindrende iveien for nitrifikation i denne jord. Væskeforsøk med nr. 138 mangler.

Forsøkene med m y r j o r d og t o r v j o r d er ikke utvidet siden vore tidligere undersøkelser blev publicert (1921-a), og behøver derfor ingen fornyet omtale.

Kap. II. Nitrifikationens avhængighet av vandstofionkoncentrationen i væskekulturer.

1. Metoder.

I væskekulturene er jordprøvene podet til serier bestaaende av en række trin med næringsopløsninger av forskjellig pH. Hver serie bestaar som regel av 10 (I—X) eller 14 (I—XIV) trin, hvorav hvert trin har sin pH. PH-værdien varierer fra ca. 4.8 i trin I til ca. 12 eller mere i trin XIV. Hvert trin bestaar som regel av 3 eller 4 kolber, hvorav en holdes steril (uten podning) som kontrol, mens de ovrige podes, hver kolbe med 5 gr. jord. PH-værdien bestemmes i den podede næringsopløsning efter ca. 24 (—48) timer og ammoniak, nitriter og nitrater kvalitativt eller kvantitativt efter 30—40 dages henstand i termostat ved 25° C. I prøver med langsom nitrifikation er analysen først foretat efter længere tid. Derefter podes over til ny serie, enten trinvis mellem trin med samme pH i de to serier, eller slik at et trin i den analyserte serie blir benyttet som podevæske til en hel ny serie. Til podning blev som regel benyttet 2 (—5) cm.³ av den gamle kulturopløsning til hver kolbe i den nye serie.

Ammoniak er bestemt saavel kvalitativt som kvantitativt kolorimetrisk efter Nessler, nitriter paa samme maate efter Griess og nitrater kvalitativt ved Diphenylamin-svovlsyre (under kontrol for nitriter med Griess), eller kvantitativt med phenolsvovlsyremetoden (se herom vore avhandlinger 1921-a og -b).

Væskekulturene er i dette arbeide, som ved vore tidligere publicerte undersøkelser, utført med 50 cm.³ næringsopløsning i 300 cm.³ Erlenmeyerkolber. Næringsopløsningen hadde i forsøkene med ammoniumsulfat følgende sammensætning:

30 cm.³ støtputeblanding og
20 cm.³ saltopløsning nr. 14—2 f*

Sammensætningen av nr. 14—2 f* er 1000 cm.³ H_2O
1.25 gr. $MgSO_4$
1.25 gr. KCl
25 dr. 1 % $FeCl_3$-opl.

Til hver kolbe kom desuten efter første gangs sterilisering 3 cm.³ av en 1 % opl. av $(NH_4)_2SO_4$. Den opløsning som bakteriene vokset i, indeholdt følgelig 0.05 % $MgSO_4$ og KCl samt 1 dr. $FeCl_3$-opl. pr. 100 cm.³ opløsning. Hertil kommer saa støtputesaltene. Av kvælstof blir koncentrationen 0.6 ‰ $(NH_4)_2SO_4$ eller 0.1272 ‰ N, hvilket gir 6.36 mgr. ammonium-N pr. kolbe.

I forsøkene med natriumnitrit var sammensætningen:

30 cm.³ støtputeblanding og
20 cm.³ saltopløsning nr. 14—2 h*

Sammensætningen av nr. 14—2 h* er 1000 cm.³ H_2O
2.5 gr. $NaNO_2$
1.25 gr. $MgSO_4$
1.25 gr. KCl
25 dr. 1 % $FeCl_3$-opl.

Koncentrationen av saltene $MgSO_4$, KCl og $FeCl_3$ er altsaa her den samme som i forsøkene med ammoniumsulfat, men næringsopløsningens indhold av kvælstof er høiere, idet den indeholder 1 ‰ $NaNO_2$ eller 0.2 ‰ N. Hver kolbe indeholder derfor 10.14 mgr. nitrit-N.

Støtputesammensætningen var i trin I—IX:

	cm.³ $\frac{m}{15}$ KH_2PO_4	+ cm.³ $\frac{m}{15}$ Na_2HPO_4	PH
I.	200	0	4.6
II.	195	5	5.0
III.	190	10	5.7
IV.	180	20	6.0
V.	155	45	6.3
VI.	135	65	6.5
VII.	100	100	6.8
VIII.	50	150	7.2
IX.	0	200	8.5

PH-værdiene for disse rene støtputeblandinger holdt sig som regel godt ved blanding med næringsopløsningene, og især i seriene med ammoniumsulfat ligger de enkelte trin-opløsningers pH praktisk talt ved de ovenfor anførte værdier. En undtagelse er trin VIII, der ofte gik ned til 7.05—7.00, og trin IX, som oftest kom ned i 8.2 eller endog under 8.0. I seriene med natriumnitrit vil de lavere trin I—III faa noget høiere pH-værdier.

Trinnene XI—XIV blev utført med 30 cm.^{3} pr. kolbe av støtputeblandinger fremstillet av vekslende mængder prim. kaliumfosfat, sek. natriumfosfat og natronlut. De fik herved følgende reaktion:

Trin	XI	XII	XIII	XIV
PH.....	ca. 11.2	ca. 12.0	ca. 13.0	ca. 13.7

Disse støtputeblandingers reaktion er meget mindre holdbar, og som regel maa man under kulturforsøkene stadig kontrollere pH-værdien i de med disse støtputer fremstillede næringsopløsninger.

Endelig er trin X en vandig opløsning av de samme næringssalter: ($MgSO_4$, KCl, $FeCl_3$ og $(NH_4)_2SO_4$ resp. $NaNO_3$) med den samme koncentration i næringsopløsningen paa kolben som i trin I—IX og XI—XIV. Men der er ingen fosfatstøtputer, og hver kolbe er som støtpute tilsat 0.2 gr. $CaCO_3$ der gir oplosningen en pH-værdi av ca. 7.8—8.0. I prøvene nr. 121, 122 og 123 er trinnenes støtputesammensætning en noget anden, idet de avgjørende forsøk — fra række J og utover — har ti trin, som alle er fremstillet med fosfatblandinger og slik at trin X her indeholder bare sekundært natriumfosfat. Saavel i tekst som i tabeller er dette nærmere angit ved disse prøver.

Forøvrig er de i hver enkelt forsøksserie kolorimetrisk eller om mulig elektrometrisk kontrollerte pH-værdier overalt anført ved de enkelte forsok.

2. Dyrket jord.

Av prøver fra dyrket jord skal først behandles de som er tat i aapen akerjord. Den første av disse er

Prøve nr. 122.

Denne prøve, som er indsamlet 10. 4. 1921 i en potetaker ved Softeland pr. Bergen, er allerede behandlet i vort tidligere arbeide (1923), men for oversigtens skyld skal den tages med ogsaa her. Den er tat i god akerjord, som i flere aar har ligget som aapen jord og dels har været benyttet til potetaker, dels til alm. kjøkkenhave. Det hygroskopiske og kapillære vand utgjor 26.0 %, glødetapet 9.1 % og jordens askeindhold efter glødning er 64.9 %. Det er altsaa en typisk mineraljord. Bestemmelse av aktuel surhetsgrad og titreringskurve er ikke utført for denne prøve. Erfaringsmæssig kan man dog trygt gaa ut fra, at den er en svakt sur reagerende

Tabel 5.

122 — B	Podet 9/5 1922 fra 122 — A (Geimpft am 9/5 1922 mit 122 — A)			122 — D	Podet 24/6 1922 fra 122 — B (Geimpft am 24/6 1922 mit 122 — B)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse 33 dager efter podning (Analyse 33 Tage nach Impfen) PH	Analyse 33 dager efter podning (Analyse 33 Tage nach Impfen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse 47 dager efter podning (Analyse 47 Tage nach Impfen) PH	Analyse 47 dager efter podning (Analyse 47 Tage nach Impfen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.0	5.1	0.075	I	4.7	4.7	0.0
II	5.6	5.6	0.150	II	4.9	4.8	0.0
III	6.0	6.0	0.200	III	5.5	5.4	0.0
IV	6.2	6.1	0.250	IV	6.0	5.9	0.225
V	6.7	6.1	1.690	V	6.3	6.0	0.430
VI	7.2	6.4	2.125	VI	6.5	5.9	0.125
VII	7.4	6.5	2.375	VII	6.7	6.1	2.000
VIII	8.0	6.6	1.815	VIII	7.1	6.4	2.250
IX	—	—	—	IX	7.5	6.6	2.000
X[1])	7.8	6.3	6.600	X[1])	7.8	6.7	2.000

[1]) In diesen zwei Reihen B und D sind die Stufen IX—X ohne Phosphat und mit $CaCO_3$ gebuffert, die Stufen I—VIII dagegen mit Phosphat-Lösungen und zwar enthält Stufe VIII nur sek. Na-phosphat.

jord, hvis aktuelle pH ligger mellem 6 og 6.5. Jorden hadde sikkert en betydelig nitrifikationsevne, og den indsamlede prøve gav i vandig uttræk sterk blaafarvning med Diphenylamin-svovlsyre.

Av denne prøve blev der først inficert til ammoniumsulfatrække 122 — A, som omfatter 10 trin. De første 8 av disse (I—VIII) er fremstillet med fosfatblandinger som støtpute, og trin IX og X med $CaCO_3$ som støtpute. Der blev podet i hver kolbe med 5 gr. jord. Paa grund av den sterke farve som jorden gav næringsoplosningen, blev der ikke foretat nogen kolorimetrisk pH-bestemmelse efter infektionen, og senere blev heller ikke analysert paa nitrater, men efter 20 dages kultur blev der podet trinvis til en ny række kolber, 122 — B, av samme sammensætning. Efter 33 dages kultur blev denne række analysert og derefter podet til rækken 122 — D, som saa blev analysert efter 47 dage. I tab. nr. 5 er sammenstillet pH-værdiene og analyseresultatene for disse to rækker.

Trinnene med samme nummer har ikke like høie vandstofionkoncentrationer, og for at podningen skulde foregaa mellem trin med saavidt mulig like pH-værdier blev den utført saaledes:

Tabel 6.

122 — J Podet 18/8 1922 fra 122 — D — VI (Geimpft am 18/8 1922 mit 122 — D — VI)				122 — K Podet 18/8 1922 fra 122 — D — VIII (Geimpft am 18/8 1922 mit 122 — D — VIII)				122 — L Podet 18/8 1922 fra 122 — D — X (Geimpft am 18/8 1922 mit 122 — D — X)			
Trin Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St nach Impfen)	Analyse 30 dager efter podning (Analyse 30 Tage nach Impfen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse 30 dager efter podning (Analyse 30 Tage nach Impfen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse 30 dager efter podning (Analyse 30 Tage nach Impfen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.6	5.5	0.025	I	5.6	5.6	0.025	I	5.6	5.6	0.025
II	5.8	5.8	0.025	II	5.8	5.8	0.025	II	5.9	5.9	0.025
III	6.0	6.0	0.025	III	6.0	6.0	0.0375	III	6.0	6.0	0.025
IV	6.1	6.1	0.025	IV	6.1	6.1	0.050	IV	6.1	6.1	0.025
V	6.2	6.1	0.1315	V	6.2	6.0	0.1815	V	6.3	6.2	0.055
VI	6.5	6.1	0.7000	VI	6.5	5.9	1.000	VI	6.5	6.5	0.1625
VII	6.8	6.3	0.8750	VII	6.8	6.0	1.375	VII	6.8	6.6	0.3435
VIII	7.0	6.7	0.2625	VIII	7.0	6.3	1.750	VIII	7.0	6.3	1.625
IX	7.2	7.2	0.025	IX	7.2	6.3	2.125	IX	7.2	6.4	1.875
X[1])	7.6	6.6	1.750	X[1])	7.6	6.6	2.125	X[1])	7.7	6.7	2.000

[1]) In allen 3 Reihen J—K—L sind sämtliche Stufen mit Phosphat-Lösungen gebuffert und zwar enthält Stufe X nur sek. Na-Phosphat.

B — I blev podet til D — I—II.
B — II —»— D — III.
B — III —»— D — IV.
B — V —»— D — V—VI—VII.
B — VI —»— D — VIII.
B — VIII —»— D — IX—X.

Paa denne maate blev der med en undtagelse (B—V) podet mellem trin med omtrent samme reaktion.

I forsoksrækken 122 — B viser analysen smaa nitratmængder i trin I—IV. Disse er for en del rester av det fra selve jordproven medførte nitrat, men er nok i trin III og IV ogsaa for en del dannet i kolbene. Først i trin V med pH = 6.7 er der en sterk nitratdannelse og som følge herav en betydelig forhoielse av vandstofionkoncentrationen (lavere pH). I de øvrige trin er der likeledes en

betydelig nitrifikation, men denne har i fosfatseriene ikke naadd at omdanne mere end indtil ca. 37 % (trin VII) av det til disposition staaende kvælstof (6.36 mgr.).

I trin X derimot med $CaCO_3$ som stotpute er alt kvælstof nitrificert, antagelig fordi denne stotpute bedre formaar at holde reaktionen inden det gunstige omraade.

I forsoksrække 122 — D er samtlige trin (I—X) fremstillet med fosfatblandinger som stotpute (trin X med bare sekundært natriumfosfat), og her naar nitrifikationen ikke i noget trin over ca. 35 % av det disponible kvælstof. En sikker, begyndende nitrifikation findes i denne række først fra og med trin IV og V med pH = 6.0—6.3, og først i trin VI med pH = 6.5 er nitrifikationen betydelig.

Det er i række 122 — D paafaldende at der er en jevn nitrifikation i alle trin fra VII og opover. For at undersøke dette nærmere blev der podet til 3 nye rækker paa følgende maate:

Fra 122 — D — VI blev podet til ny række 122 — J.
» 122 — D — VIII —»— 122 — K.
» 122 — D — X —»— 122 — L.

I disse 3 og alle følgende rækker av nr. 122 er samtlige trin I—X fremstillet med fosfatstotputer (altsaa uten $CaCO_3$ i trin X), og slik at trin X indeholder bare sekundært natriumfosfat.

Efter 30 dages kultur blev de nye rækker analysert, og resultatet herav er sammenstillet i tab. nr. 6.

Analyseresultatene i denne tabel synes ganske tydelig at vise, at man i række 122—D maa ha hat flere bakteriestammer med hver sine krav til reaktionen repræsentert.

Rækken 122—J, hvor samtlige trin er podet fra den sure serie 122—D—VI, viser to forskjellige nitrifikationsmaksima, nemlig et ved pH = 6.5—6.8 (VI—VII) og et ved pH = 7.6 (X).

Denne sidste nitrifikation skyldes sikkert de tidligere kjendte nitrifikationsbakterier, hvorav den ene, nitritbakterien, arbeider ved et optimum av pH = 7.7—7.9 og den anden, nitratbakterien, fortsætter ved en optimal pH = 6.8—7.3 (Gaarder og Hagem 1921-b). Nitrifikationen i de tydelig svakt sure trin synes at ha sit optimum ved pH = 6.5—6.8, sin nedre grænse ved pH = 6.2 og ovre grænse ved pH = 7.0.

Noget anderledes er resultatet blit i række 122 — K, hvor samtlige trin er podet fra det oprindelig omtrent neutrale trin 122 — D — VIII. Her faar man nemlig en betydelig nitrifikation i alle trin fra VI—X, altsaa ved pH-værdier fra 6.5—7.6, og det er værd at lægge merke til at i trin IX (pH = 7.2) er der her en sterk nitrifikation, mens man i det samme trin i den fra s u r oplosning inficerte 122 — J række ikke har nogen væsentlig nitrifikation.

Tabel 7.

122 — M	Podet 29/9 1922 fra 122—J—VI (Geimpft am 29/9 1922 mit 122 — J — VI)			122 — N	Podet 29/9 1922 fra 122—K—VIII (Geimpft am 29/9 1922 mit 122 — K — VIII)			122 — O	Podet 29/9 1922 fra 122—L—X (Geimpft am 29/9 1922 mit 122 — L — X)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse 30 dager efter podning (Analyse 30 Tage nach Impfen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse 30 dager efter podning (Analyse 30 Tage nach Impfen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse 30 dager efter podning (Analyse 30 Tage nach Impfen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.7	5.6	0.100	I	5.6	5.6	0.150	I	5.7	5.7	0.075
II	6.0	5.9	0.100	II	5.9	5.9	0.150	II	6.0	5.9	0.075
III	6.0	6.0	0.100	III	6.0	6.0	0.150	III	6.0	6.0	0.075
IV	6.1	6.1	0.200	IV	6.1	6.1	0.160	IV	6.1	6.1	0.075
V	6.3	5.9	2.250	V	6.4	6.3	0.150	V	6.4	6.3	0.075
VI	6.6	—	[1])—	VI	6.6	6.4	0.600	VI	6.6	6.5	0.225
VII	6.8	6.1	3.750	VII	6.8	6.2	3.250	VII	6.8	6.5	1.500
VIII	7.0	6.7	1.125	VIII	7.0	6.5	3.000	VIII	7.0	6.6	2.250
IX	7.2	7.2	0.075	IX	7.1	6.9	1.250	IX	7.2	6.5	4.000
X[2])	7.5	7.4	0.100	X[2])	7.6	7.2	1.060	X[2])	7.6	6.7	4.000

[1]) Analyseresultat eines Versuchsfehlers wegen nicht aufgeführt.

[2]) In allen 3 Reihen M—N—O sind sämtliche Stufen mit Phosphat-Lösungen gebuffert und zwar enthält Stufe X nur sek. Na-Phosphat.

I række 122 — L, hvor alle trin er inficert fra det oprindelig forholdsvis sterkt alkaliske trin 122 — D — X med pH = 7.8, forskyves nitrifikationen endnu mere opover i pH-skalaen. Vistnok er der her nogen nitrifikation i trin VI og VII, men først fra trin VIII av ved pH = 7.0 viser analysen betydelige mængder nitrat-kvælstof.

Den elektive kultur blev fortsat og 3 nye rækker podet paa følgende maate:

Fra trin 122 — J — VI blev podet til ny række 122 — M.
— 122 — K — VIII —»— 122 — N.
— 122 — L — X —»— 122 — O.

Ogsaa her er som ovenfor nævnt alle trin I—X fremstillet med fosfatstotpute, og da slik at trin X kun indeholder sekundært natriumfosfat (og ikke $CaCO_3$).

Efter 30 dages kultur blev der analysert med det i tab. nr. 7 opførte resultat.

Det fremgaar herav at den fortsatte elektive kultur ikke har forandret de store træk fra rækken 122 — J — K — L, men vel i visse henseender skjærpet motsæt-

ningene mellem de 3 podningsrækker. Saaledes er den nitrifikation i det alkaliske trin X som endnu var tilstede i 122 — J, i 122 — M — X praktisk talt forsvundet, mens processen er forsterket i de svakt sure trin V—VII, som ligger omkring det anvendte podningstrins reaktion (122 — J — VI med pH = 6.5). Det samme gjælder i række 122 — N. Ogsaa her er nitrifikationen i de alkaliske trin avtat i forhold til række K, men sterkt tiltat i de trin som har svakt sur eller neutral reaktion og hvis pH altsaa ligger omkring værdien for infektionsvæsken (122 — K — VIII med pH = 7.0).

Et lignende resultat viser række 122 — O som er inficert fra den alkaliske 122 — L — X. Vistnok er der her endnu betydelige mængder nitratkvælstof i de meget svakt sure-neutrale trin VII og VIII, men den maksimale nitrifikation ligger dog her i de avgjort alkaliske trin.

Ved hjælp av den elektive kulturmetode har vi altsaa her, som tab. nr. 7 viser, faat adskilt 3 forskjellige omraader for betydelig nitrifikation, nemlig et mellem pH = 6.3 og 7.0 med maksimum ved pH = 6.8 eller lavere (122 — M), et andet mellem pH = 6.6 og 7.6 med maksimum ved pH = 6.8—7.0 (122 — N) og et tredje ved pH = 6.8—7.6 (—?) med maksimum ovenfor 7.2 (122 — O).

Allerede disse forsøk tyder paa at man har med forskjellige bakterier at gjøre, og i et tidligere arbeide (GAARDER og HAGEM 1923) har vi ment at bringe bevis for at man i disse tre rækker har 3 forskjellige bakterier, nemlig den tidligere omtalte bakterie (GAARDER og HAGEM 1921-b) bakterie — α — som nitrificerer mellem pH = 7.1—8.4 og med optimum ved pH = 7.7—7.9 (122 — O og delvis 122 — N), desuten en anden bakterie — β — med nitrifikation mellem pH = 6.6 og 7.3 og med optimum ved pH = 6.8—7.0 (122 — N — M og O) og endelig en bakterie — γ — med nitrifikation mellem pH = 6.2 og 6.8 og optimum ved pH = 6.5—6.6 (122 — M og delvis N).

Denne slutning kan rigtignok ikke baseres alene paa dette forsøk med jordprøve nr. 122, men vi hadde allerede i vor publikation i 1923 analyser av andre prøver, som sammen med nr. 122 dannet grundlaget for denne antagelse. Disse og andre prøver skal bli behandlet i den følgende fremstilling, og vi skal da senere diskutere de muligheter, som kan foreligge til forklaring av det helt forskjellige forløp av nitrifikationen i de enkelte serier.

Prøve nr. 137.

Denne prøve er akerjord tat 12. 8. 1923 paa typisk mjele mellem Kløften st. og gaarden N. Ihle paa Romerike. Akeren var bygaker med relativ sparsom indblanding av havre og med rikelig av de vanlige akerugræs. Prøven blev tat av

Tabel 8.

137 — A Podet 7/9 1923 (Geimpft am 7/9 1923 mit 5 gr Erde)				137 — B Podet 8/11 1923 trinvis fra 137 - A (Geimpft am 8/11 1923 mit 137 — A)			
		Analyse efter 34 dager (Analyse nach 34 Tagen)				Analyse efter 34 dager (Analyse nach 34 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.9	XXX	0.12	I	4.4	XXX	0.08
II	5.1	XXX	0.15	II	5.2	XXX	0.12
III	5.3	XXX	0.13	III	5.5	XXX	0.30
IV	5.4	XXX	0.22	IV	5.9	XXX	0.53
V	6.1	XXX	0.63	V	6.1	XXX	0.08 (?)
VI	6.3	XXX	1.13	VI	6.4	XXX	0.67
VII	6.6	XX—XXX	2.50	VII	6.7	0	1.75
VIII	7.1	0	1.75	VIII	7.2	0	1.00
IX	7.6	0	2.75	IX	7.9	0	2.12
X	7.7	0	3.00	X	7.95	0	2.50
XI	7.6	XX	3.00	XI	8.2	X	1.88
XII	8.8	0	0.00				
XIII	≷ 10.0	0	0.00				
XIV	?	0	0.00				

Tabel 9.

137 — E Podet 17/1 1924 trinvis fra 137 — B — I — VII (Geimpft am 17/1 1924 mit 137 — B — I — VII)				137 — H Podet 3/5 1924 trinvis fra 137 — E — IV — VII (Geimpft am 3/5 1924 mit 137 — E — IV — VII)			
		Analyse efter 65 dager (Analyse nach 65 Tagen)				Analyse efter 45 dager (Analyse nach 45 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.5	XXX	0.12				
II	5.1	XXX	0.29				
III	5.3	XXX	0.25				
IV	5.8	XXX	1.10	IV	5.9	XXX	0.06
V	6.0	XXX	1.70	V	6.1	XXX	0.20
VI	6.3	XXX	3.10	VI	6.3	XXX	— [1])
VII	6.6	0	4.65	VII	6.6	0	3.20

[1]) Mangler (fehlt).

de øverste 20 cm. og bestod av tæt og lys mjelejord. Dens indhold av vand (kapill. + hygrosk.) er 19.7 %, glødetap = 5.1 % og askeindhold 75.2 %. Jordens aktuelle pH er 6.4. Prøven indeholdt ved indsamlingen bare meget smaa mængder nitrater. Den hadde imidlertid en meget kraftig nitrifikationsevne, idet den efter 30 dages henstand ved 25° C. hadde dannet 138.8 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord, og ved lignende lagring, men efter tilsætning av 106.0 mgr. ammonium-N pr. 1000 cm.³ jord, hadde den dannet 482.0 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Ved kulturforsøk med denne prøve blev der podet dels til rækker med ammoniumsulfat, dels til rækker med natriumnitrit. Rækkene indeholdt op til 14 trin (I—XIV), hvorav I—IX var fosfatblandinger, X hadde kun $CaCO_3$ som støtpute og XI—XIV hadde fosfat + natriumhydroksyd som støtpute (se s. 59).

Her skal først behandles rækkene med ammoniumsulfat.

Den første række — A-rækken — blev i 14 trin podet med 5 gr. jord pr. kolbe og viste efter 34 dage en betydelig nitrifikation i flere trin. Fra denne blev der saa efter nogen tid podet trinvis til ny række B (A — I podet til B — I, A — II til B — II o. s. v.) og denne nye række analysert efter 40 dage. Resultatene av disse to rækker sees i tab. nr. 8.

Trinnene XII—XIV i 137 — A har mindre interesse, idet opløsningene her paa grund av sin sterke alkaliske reaktion meget hurtig baade ved den forsigtigste sterilisering og senere i termostaten mistet det meste av sit NH_3-indhold, og grundlaget for nitrifikationen var dermed borte. Begge rækker viser at en betydelig nitrifikation finder sted saasnart væskens pH naar noget over 6.3, og den vedvarer til pH = 7.7 i den første og til pH = 8.2 i den anden av de to serier. Av det tilsatte NH_3-kvælstof (6.36 mgr. N) gjenfindes som nitrat-N maksimalt kun ca. 50 %, og de resterende 50 % er i de samme kulturer heller ikke tilstede som ammoniak eller salpetersyrling (Griess-reaktionen var i samtlige kolber negativ). Dette forhold kommer vi tilbake til. Hovedsaken ved disse serier er imidlertid at vi allerede i den første, med jord podede række har en kraftig nitrifikation helt ned til pH = 6.3. Forøvrig er disse første rækker, hvor der endnu er en rik og meget forskjelligartet bakterieflora, ikke egnet til kvantitative bestemmelser av nitrifikationens forløp ved de forskjellige pH-værdier.

Der blev imidlertid podet til nye rækker, dels trinvis og dels fra enkelte bestemte trin, saavel av A- som av B-rækken, og fra disse nye rækkers enkelte trin fortsattes igjen til nye rækker o. s. v. Ialt er der podet 9 rækker med ammoniumsulfat. Nogen av disse skal her nævnes.

Fra række B — I—VII blev podet trinvis til ny række E — I—VII, og fra denne sidstes trin IV—VII igjen trinvis til ny række H — IV—VII.

Resultatet herav sees i tab. nr. 9.

Tabel 10.

137 — C Podet 3/11 1923 fra 137 — A — VIII (Geimpft am 3/11 1923 mit 137 — A — VIII)						137 — F Podet 3/5 1924 med 137 — D — VII (Geimpft am 3/5 1924 mit 137 — D VII)					
		Analyse efter 41 dager (Analyse nach 41 Tagen)						Analyse efter 45 dager (Analyse nach 45 Tagen)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	Griess	Diphenylamin	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	Griess	Diphenylamin	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.4	XXX	0	XX	0.08						
II	5.3	XXX	0	X–XX	0.05						
III	5.5	XXX	0	XX	0.05						
IV	5.9	XXX	0	XXX	0.18						
V	6.2	XXX	0	XXX	0.68	V	6.1	XXX	0	XX–XXX	0.07
VI	6.4	XXX	0	XXX	1.25	VI	6.4	XXX	0	XXX	0.68
VII	6.7	XX–XXX	0	XXX	2.00	VII	6.7	XXX	0	XXX	3.20
VIII	7.2	0	0	XXX	2.12	VIII	7.0	0	0	XXX	2.20
IX	7.9	0	0	XXX	1.75	IX	7.6	0	0	XXX	2.00
X	7.9	0	0	XXX	1.50						

Der var i B — IV en svak men sikker nitratdannelse ved pH = 5.9, og denne var ogsaa tydelig tilstede efter podning til E — IV med pH = 5.8. Efter endnu en overforing til H — IV med pH = 5.9 var imidlertid nitratdannelsen ved denne surhetsgrad holdt helt op, mens den fremdeles holdt sig ved pH = 6.6 og vel sikkert ogsaa ved pH = 6.3, hvor imidlertid analyse mangler. Det er altsaa ikke lykkedes ved fortsat overforing til nye kolber at holde denne nitratdannelse ved pH < 6.0 vedlike.

Endelig blev i en helt ny række 137 — C samtlige 10 trin podet fra trin VIII i 137 — A. Resultatet blev nitratdannelse i alle trin fra pH = 6.2 til pH = 7.9, med maksimum ved pH = 6.7—7.2. Fra 137 — C — VIII blev igjen podet til samtlige trin i ny række 137 — D med samme resultat som i C, idet dog den ved pH = 6.1 og 6.4 fundne nitratmængde var ubetydelig. Podningen blev fortsat fra 137 — D — VII til ny række 137 — F, og ogsaa her manglet nu nitrifikation ved pH = 6.1, men var tydelig omend ikke sterk ved pH = 6.4.

De dannede nitratmængder i C- og F-rækken sees av tab. nr. 10.

Det er her tydelig at allerede den første med jord podede VIII-kolbe (137 — A) indeholder den eller de organismer, som er istand til at nitrificere indenfor pH-

Tabel 11.

137 — N	Podet 7/9 1923 med 5 gr. jord pr. kolbe (Geimpft am 7/9 1923 mit 5 gr. Erde pr. Kolbe)			137 — P	Podet 3/11 1923 fra 137 — N — XI (Geimpft am 3/11 1923 mit 137 — N — XI)		
	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen)			PH 48 t efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 42 dager (Analyse nach 42 Tagen)	
Trin (Stufe)		NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff)	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff)	Trin (Stufe)		NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff)	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff)
Nr.		Mgr.	Mgr.	Nr.		Mgr.	Mgr.
I	5.1	7.50	0.38				
II	5.4	7.00	0.23				
III	5.4	8.50	0.18				
IV	5.7	9.25	0.17				
V	6.1	8.25	0.44				
VI	6.4	0.0	4.31				
VII	6.6	0.0	4.95				
VIII	7.1	0.0	5.35	VIII	7.3	0.0	4.50
IX	7.6	0.0	4.95	IX	8.2 (?)	0.0	4.50
X	7.7	0.0	4.95	X	7.7	0.0	5.00
XI	8.0	0.0	3.00	XI	8.5	0.0	4.50
XII	$\leqslant$ 9.0	0.0	2.50	XII	$\leqslant$ 9.8	0.0	4.50
XIII	ca. 10.0	10.0	0.06	XIII	ca. 12.0	10.0	0.12
XIV	?	10.0	0.07	XIV	$>$ 13.0	10.0	0.10

omraadet 6.4—7.9. Den nedre grænse for nitrifikation lykkedes det heller ikke her med varighet at bringe under et sted mellem pH = 6.2 og 6.4, og antagelig er grænsen ca. 6.2. Videre forsøk paa at isolere en bare i sur væske nitrificerende bakterie blev ikke utført med denne jordprøve.

Foruten til de her behandlede ammoniumsulfatrækker blev der imidlertid ogsaa podet til rækker, hvor der var tilsat natriumnitrit. I hver kolbe med 50 cm.³ næringsoplosning var der her 50 mgr. $NaNO_2$, altsaa 10.14 mgr. N.

Den forste række 137 — N blev podet med 5 gr. jord paa vanlig maate i 14 trin, og analysert kvalitativt og kvantitativt efter 36 dage. Resultatet var at trinnene VI—XII med en pH fra 6.4 til ca. 9.0 viste en sterk nitrifikation. Analysens tal er opfort i tab. nr. 11. Det var her hoist overraskende at finde en kraftig nitrifikation av nitriter i saa sterkt alkaliske oplosninger som i trin XII. For nærmere at undersoke dette forhold blev en ny række — P — med trin VIII—XIV og pH fra 7.3 til

over 13 podet fra N-rækkens trin XI (pH = 8.0) og analysert kvalitativt og kvantitativt efter 47 dager. Som tab. nr. 11 viser er der ogsaa i denne nye række nitrifikation helt op til trin XII med pH $\geqq$ 9.8.

Da det som foran nævnt i enkelte rækker var vanskelig at holde trin XII's reaktion paa pH $\geqq$ 9.8, er det en mulighet for at reaktionen i dette trin har ligget noget lavere, og der blev derfor fortsat med infektion til nye rækker. Fra række P's trin IX blev saaledes podet til ny række R, og her fik man ogsaa nitrifikation op til trin XII med en pH $\geqq$ 9.3. Fra denne række blev igjen podet til to nye rækker saaledes:

R — IX (pH = 8.1) podet til ny række Z.
R — XII (pH $\geqq$ 9.3) —»— Ø.

Resultatet av de kvalitative og kvantitative analyser efter 42 og 46 dager fremgaar av tab. nr. 12.

Av række Ø fremgaar det at nitrifikationen finder sted helt op til en pH = 9.6. I række Z er der nitrifikation i trin XII med pH = 9.5, men ikke i XIII hvis reaktion er betegnet med $\geqq$ 9.8. Fra række Z blev der podet til nye rækker saaledes:

Fra Z — IX (pH = 8.1) til ny række NR
» Z — XII (pH = 9.5) —»— NS

De nye rækker blev analyseret efter 58 og 70 dage med det resultat som tab. nr. 13 viser. Det er her interessant at man i række NR, som er podet fra et trin med svakt alkalisk reaktion (pH = 8.1), faar nitrifikation i alle trin fra VI—XII eller mellem pH-værdier fra 6.5 og 9.6. I række NS derimot, podet fra den mere alkaliske Z — XII med pH = 9.5, faar man total nitrifikation kun i trin IX—XI, altsaa ved pH-værdier 7.9—9.2. Der er dog her nogen nitrifikation ogsaa ved pH = 7.2, men ingen ved pH $\geqq$ 9.6.

Med hensyn til den ovre grænse for nitrifikationen i disse forsok kan vi forelobig med stor sikkerhet anta, at den ligger ved en pH-værdi mellem 9.2 og 9.6 og sandsynligvis nærmere den sidste værdi. Disse oplosninger er som nævnt ikke altid helt stabile, og de hoieste værdier kan let synke nogen faa tiendedele i pH-værdien efter infektionen. Vi har dog mange forsok med total nitrifikation i XII-trinnet, hvor reaktionen ved forsokets avslutning er kontrollert og fundet = 9.3, og vi har ogsaa enkelte forsok hvor den ved avslutningen er fundet 9.6, og hvor der allikevel er total nitrifikation.

I et tidligere arbeide (1921-b) har vi vist at den almindelige nitrifikation av nitriter finder sted ved langt lavere pH-værdier og har sit optimum mellem værdiene 6.8 og 7.3, med en tydelig ovre grænse ved pH = ca. 8.0. Den nitrifikation som er fundet i de ovenfor skildrede forsok, maa derfor sandsynligvis skyldes andre bakterier

Tabel 12.

137 — Z	Podet 15/4 1924 fra 137 — R — IX (Geimpft am 15/4 1924 mit 137 — R — IX)			137 — Ø	Podet 28/4 1924 fra 137 — R — XII (Geimpft am 28/4 1924 mit 137 — R — XII)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 42 dager (Analyse nach 42 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 46 dager (Analyse nach 46 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
VIII	7.1	0	4.90	VIII	7.2	0	4.60
IX	8.1	0	5.10	IX	8.4	0	4.80
X	7.8	0	5.41	X	8.3	0	4.80
XI	8.7	0	5.41	XI	8.8	0	4.40
XII	9.5	0	4.70	XII	9.2	0	4.79
XIII	⩽ 9.8	XXX	0.27	XIII	9.6	0	4.90

Tabel 13.

137 — NR	Podet 22/8 1924 fra 137 — Z — IX (Geimpft am 22/8 1924 mit 137 — Z — IX)			137 — NS	Podet 22/8 1924 fra 137 — Z — XII (Geimpft am 22/8 1924 mit 137 — Z — XII)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 64 dager (Analyse nach 64 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 75 dager (Analyse nach 75 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.4	XXX	0.17	I	5.3	XXX	0.20
II	5.6	XXX	0.16	II	5.6	XXX	0.20
III	5.7	XXX	0.13	III	5.7	XXX	0.20
IV	5.8	XXX	0.18	IV	5.8	XXX	0.20
V	6.2	XXX	0.11	V	6.2	XXX	0.20
VI	6.5	0	5.04	VI	6.5	XXX	0.20
VII	6.7	0	4.50	VII	6.75	XXX	0.20
VIII	7.1	0	4.04	VIII	7.2	XXX	2.57
IX	7.9	0	5.08	IX	7.9	0	4.32
X	7.9	0	5.25	X	7.9	0	5.03
XI	8.8	0	5.25	XI	9.2	0	4.50
XII	⩽9.6	0—X	4.93	XII	⩽9.6	XXX	0.07

Tabel 14.

137 — NW		Podet 2/12 1924 fra 137 — NR — IX (Geimpft am 2/12 1924 mit 137 — NR — IX)		137 — NY		Podet 7/8 1925 fra 137 — NW — VI (Geimpft am 7/8 1925 mit 137 — NW — VI)		137 — OP		Podet 12/8 1925 fra 137 — NW — XI (Geimpft am 12/8 1925 mit 137 — NW — XI)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 53 dager (Analyse nach 53 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 39 dager (Analyse nach 39 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 36 dager (Analyse nach 36 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	5.4	XXX	0.20								
II	5.6	XXX	0.24								
III	5.8	XXX	0.13								
IV	5.95	XXX	0.11	IV	6.0	XXX	0.16	IV	6.0	XXX	0.15
V	6.15	XXX	0.09	V	6.1	XXX	0.13	V	6.2	XXX	0.09
VI	6.4	0—X	4.63	VI	6.4	XXX	1.25	VI	6.4	XXX	0.10
VII	6.7	0	5.44	VII	6.7	X	4.48	VII	6.75	XXX	0.09
VIII	7.15	XXX	2.47(?)	VIII	7.1	0	4.48	VIII	7.1	XXX	0.08
IX	8.0	0	5.08	IX	8.0	0	4.48	IX	8.0	XXX	0.08
X	7.9	0	5.56	X	8.0	0	5.40	X	8.2	0	5.38
XI	8.9	0	6.01	XI	8.8	0	4.36	XI	8.8	0	4.36
XII	≷ 10.0	XXX	0.11	XII	≷ 9.6 [1])	0	4.24	XII	≷ 9.6	XXX	0.09

[1]) Kontrol ved forsøkets avslutning gir ogsaa PH ≷ 9.6.
(Kontrolle beim Abschluss des Versuches zeigt auch PH ≷ 9.6.)

med helt andre pH-grænser. Denne antagelse bekræftes av række NS, hvor vi kun har total nitrifikation ved pH-værdiene 7.9 og 9.2 — altsaa helt utenom det tidligere (1921-b) beskrevne nitrifikationsomraade. Til yderligere bekræftelse av dette resultat kan her nævnes 3 andre rækker, NW, NY og OP.

Rækken NW er podet fra NR—IX (pH = 7.9) og gav likesom moderrækken nitrifikation i alle trin fra VI til XI, men ikke i XII fordi dette trins pH i denne serie var blit noget høi, nemlig ≷10. Fra NW blev saa podet til NY og OP saaledes:

Fra NW—VI (pH = 6.4) podes til NY.
» NW—XI (pH = 8.9) —»— OP.

Resultatet av de kvalitative og kvantitative analyser i disse 3 rækker er opført i tab. nr. 14. Man ser at podningen fra en midlere surhetsgrad i NR—IX til den nye række NW har git total nitrifikation over hele linjen fra pH = 6.4 til 8.9. Podningen fra det sure trin NW—VI har i NY likeledes git nitrifikation over hele linjen

Tabel 15.

137 — O Podet 3/11 1923 fra 137 — N — VI (Geimpft am 3/11 1923 mit 137 — N — VI)				137 — T Podet 5/2 1924 fra 137 — O — V (Geimpft am 5/2 1924 mit 137 — O — V)			
		Analyse efter 42 dager (Analyse nach 42 Tagen)				Analyse efter 60 dager (Analyse nach 60 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.0	9.0	0.22	I	5.3	XXX	0.22
II	5.4	10.0	0.180	II	5.3	XXX	0.17
III	5.6	8.75	0.15	III	5.65	XXX	0.14
IV	5.9	8.50	0.17	IV	5.85	XXX	0.16
V	6.1	0.0	2.60	V	6.2	0	2.80
VI	6.4	0.0	4.26	VI	6.4	0	4.30
VII	6.7	0.0	4.00	VII	6.7	0	4.80
VIII	7.2	0.0	5.00	VIII	7.2	0	5.00
IX	8.0	0.0	5.00	IX	8.05	0	5.20
X	7.85	0.0	6.00	X			

mellem pH = 6.4 og 9.6, mens podningen fra den alkaliske NW—XI kun har git nitrifikation i de alkaliske trin OP—X—XI med pH = 8.2—8.8. Naar der her ikke kommer nitrifikation i det nærliggende trin IX med pH = 8.0, behøver det ikke at bero paa at grænsen er saa skarp. Stotpuleblandingen IX, som bestaar av bare sekundært fosfat, er ikke videre stabil og vil let som følge av podningen bringes nogen tiendedele ned i pH og dermed komme utenfor disse bakteriers virkeomraade. Reaktionen i OP—XII er bestemt til pH > 9.6 og ligger derfor ogsaa utenfor omraadet.

Vi har altsaa her igjen ved elektiv podning faat utsondret et virksomhetsomraade ved pH > 8.0.

Allerede i vort tidligere arbeide (1921-b) har vi (side 30) gjort opmerksom paa den store uoverensstemmelse som det er mellem de resultater vi er kommet til, og de resultater som MEYERHOF fremlægger i sine arbeider (1916--17). Mens vi dengang fandt den optimale reaktion for nitrifikationen av nitriter til nitrater mellem pH-værdiene 6.8 og 7.3, finder MEYERHOF at den optimale reaktion ligger mellem 8.4 og 9.3. Vi antydet dengang at denne uoverensstemmelse kunde bero derpaa at MEYERHOF hadde arbeidet med en anden bakteriestamme end vi i vore forsøk. Denne forklaring paa uoverensstemmelsen maa nu med de ovenstaaende forsøksrækker ha faat en

betydelig støtte. Selv om det endelige bevis kun kan gives ved forsøk med renkulturer, maa det dog foreløbig ansees bevist, at der i vore forsøk er en bakteriestamme som kun nitrificerer nitriter ved pH > 8 og hvis øvre grænse antagelig ligger ved pH = ca. 9.5—9.6. At denne bakteriestamme er identisk med MEYERHOFS stamme, hvis optimum ligger mellem pH = 8.4 og 9.3, er sandsynlig.

Den nedre pH-grænse for nitrifikation av nitriter er i vort tidligere arbeide sat til pH = 6.5. Denne grænse synes efter vore senere forsøk at dømme at ligge noget høit. I vore kulturer fra den ovenfor behandlede jordprøve nr. 137 har vi fundet nitrifikationer av nitrit ned til betydelig lavere værdier. Der fandtes saaledes i et enkelt forsøk sterk nitrifikation helt ned til pH = 6.1 og i flere forsøk total nitrifikation ved pH = 6.2—6.3. Tab. nr. 15 gir analyseresultater for nogen av disse forsøk. Paa den anden side maa her nævnes at vi i andre jordprøver overhodet ikke har kunnet faa nitrifikation av nitrit ved lavere pH-værdi end 6.7, et resultat som er helt i overensstemmelse med det som vi kom til i vort første arbeide. Det er foreløbig mulig at vi her har to forskjellige bakterier, den ene med nedre grænse pH = 6.5, den anden med pH = 6.0. Dette forhold vil bli nærmere diskutert senere.

Vi maa altsaa anta at jordprøve nr. 137 indeholder flere bakteriestammer som kan oxydere nitriter, og at virkeomraadet for disse bakterier i næringsopløsninger tilsammen spænder over et omraade mellem pH-værdiene (6.1—) 6.3—9.3 (—9.6).

Prøve nr. 139.

Prøven er av dyrket jord — kunsteng med litt klover — paa gaarden Enebak pr. Selsbak st. i Strinda, Trøndelagen og indsamlet 28. 8. 1924.

Vegetationen var *Alchemilla* sp., ***Dactylis glomerata***, *Ranunculus acris*, *Trifolium repens*, *Tussilago farfara*.

Lokaliteten ligger paa en terasseoverflate og profilet var følgende:

A. 0.5 cm. moselag.
B. 10.0 cm. forvitret lerjord av graagul farve og med rikelig av rustbrune jernhydroksydansamlinger.
C. Mere gulagtig lere.

Prøven er tat av B-laget, altsaa av de overste, av planterøtterne gjennemsatte lerlag. Dens indhold av vand (kapill. + hygrosk.) er 19.7 %, glødetap 4.1 % og aske 76.2 %. Jordprovens aktuelle surhetsgrad var pH = 5.34. Allerede ved indsamlingen indeholdt jorden 48.9 mgr. NO_3 pr. liter. Efter 30 dager ved 25° C. var dette øket til 155.5 mgr. og ved tilsætning av 106 mgr. ammoniak-N til 184 mgr. NO_3. Jorden har altsaa en ganske kraftig nitrifikationsevne.

Tabel 16.

139 — B — Podet 13/1 1925 trinvis fra 139 — A
(Geimpft am 13/1 1925 mit 139 — A)

Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter infektionen (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 51 dager (Analyse nach 51 Tagen)		
		Nessler	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.8	XXX	0	0.00
II	5.0	XXX	0	0.00
III	5.3	XXX	0	0.00
IV	5.6	XXX	0	0.00
V	6.1	XXX	0	0.33
VI	6.2	XXX	0	1.50
VII	6.6	X	0	5.70
VIII	7.0	0	0—X	3.57
IX	7.8	0	0—X	4.03
X	7.8	0	0	3.80
XI	8.4 ?	0	0	3.57
XII	≧ 9.3	0--X	XXX	0.00

Der blev av denne prøve paa vanlig maate podet saavel til en ammoniumsulfatrække som til en natriumnitritrække.

Den første ammoniumsulfatrække, 139 — A, gav en svak Diphenylaminreaktion ved pH-værdier 4.8—5.6, men en kraftig reaktion i alle trin med pH-værdi fra 6.1—7.7, og da samtidig Griess-reaktionen var negativ maa der her være dannet salpetersyre. Der blev fra denne række igjen podet trinvis til ny række 139 — B, og resultatet av denne række er opført i tab. nr. 16. Det fremgaar av denne at ammoniumsulfaten nitrificeres svakt allerede ved pH = 6.1, ganske betydelig ved pH = 6.2 og sterkt ved høiere værdier op til pH = 7.8. Resultatet i XI skal foreløbig ikke tages med, da pH her er usikkert bestemt.

Resultatet av dette forsøk er overensstemmende med forsøket med prøve nr. 137 og med vore tidligere angivelser. Der er sikkert en bakteriel nitrifikation i væske ned til en pH-værdi av ca. 6.1—6.2, og ved en værdi av ca. 6.5 har man en meget kraftig nitrifikation av ammoniumsulfat. Videre forsøk med ammoniumsulfat kunde for prøve nr. 139's vedkommende ikke utføres i nogen større grad.

Forsøk med nitritrækker blev for denne jordprøves vedkommende paa grund av plads- og tidmangel kun utført i mindre omfang. Der lot sig dog ved disse forsøk med sikkerhet konstatere en kraftig oxydation av nitrit til nitrat ved

Tabel 17.

140 — N Podet 15/10 1924 med 5 gr. jord (Geimpft am 15/10 1924 mit 5 gr. Erde)			140 — O Podet 13/1 1925 trinvis fra 140 — N (Geimpft am 13/1 1925 mit 140 — N)			
					Analyse efter 50 dager (Analyse nach 50 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess efter 50 dager (Griess nach 50 Tagen)	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.3	XXX	I	5.1	XXX	0.31
II	5.3	XXX	II	5.3	XXX	0.17
III	5.5	XXX	III	5.5	XXX	0.13
IV	5.8	XXX	IV	5.8	XXX	0.23
V	6.1	XXX	V	6.1	XXX	0.10
VI	6.3	XXX	VI	6.3	XXX	0.67
VII	6.7	0	VII	6.7	0	5.70
VIII	7.1	0	VIII	7.1	0	6.65
IX	7.8	0	IX	7.9	0	6.65
X	7.6	0	X	7.9	0	5.70
XI	7.9	0	XI	8.4	XXX	1.00
XII	9.1	XXX	XII	9.3	XXX	0.10

Tabel 18.

140 — S Podet 8/9 1925 fra 140 — R — XI (Geimpft am 3/9 1925 mit 140 — R — XI)				140 — U Podet 21/12 1925 fra 140 — T — VIII (Geimpft am 21/12 1925 mit 140 — T — VIII)			
		Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen)				Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH. 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — Kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — Kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr
V	6.2	XXX	0.16	V	6.2	XXX	0.16
VI	6.4	XXX	0.12	VI	6.4	XXX	0.24
VII	6.7	0	5.25	VII	6.7	XXX	1.40
VIII	6.7	0	5.25	VIII	7.0	0	6.00
IX	8.3	0	6.00	IX	8.2	0	6.25
X	8.2	0	5.25	X	8.2	0	5.25
XI	8.4	XXX	4.00	XI	8.2	XXX	0.80
XII	9.4	XXX	0.15	XII	9.3	XXX	0.11

pH-værdier 8.2—8.3 (saavel med fosfat- som med kalciumkarbonatstotputer), men derimot ikke i de trin hvis pH-værdi var lik eller laa over 9.6.

Prøve nr. 140.

Ogsaa denne prøve er en lerjordprøve fra Trøndelagen, idet den er tat nederst i dalsænkningen ved veien litt nord for Okstad gaard pr. Selsbak st. i Strinda.

Prøven blev tat 28. 8. 1924 under græsmark (eng) som var avslaat, og hvis vegetation derfor ikke lot sig helt sikkert bestemme. Foruten de almindelige græs- og *Carex-arter* var der *Alchemilla sp., Polygonum viviparum, Spirea ulmária, Trifolium repens* og *Viola palustris,* — altsaa et planteselskap som tyder paa noksaa vaat mark.

Under et ganske tyndt moslag var der et ubetydelig lag av gulagtig, forvitret ler og derunder graablaa, typisk uforvitret lere til mindst 15 cm. dyp. Proven blev tat av denne uforvitrede lere i de øvre lag, hvor den indeholdt planterotter.

Jordprøvens vandindhold (kapill. + hygrosk.) er 34.3 %, glodetapet 4.1 % og askeindholdet 61.6 %. Dens aktuelle surhetsgrad er pH = 6.53.

Jorden indeholder ved indsamlingen betydelige NO_3-mængder, nemlig 30 mgr. pr. liter. Disse øker ved vanlig lagring i 30 dage ved 25° C. kun til 33 mgr., mens de ved likelang lagring efter tilsætning av 106 mgr. ammoniak-N tiltar til 270 mgr. Jorden har derfor en meget kraftig nitrifikationsevne.

Podning til ammoniumsulfatkulturer gav en nitrifikation ved pH-værdier mellem 6.4 og 8.0, men byr forovrig ikke paa noget av interesse fremfor andre prøver som senere skal behandles.

Podning til nitritkulturer er her forsaavidt av interesse som der, i motsætning til hvad der var tilfælde i prøve nr. 137, ikke er mulig at faa nogen nitrifikation av betydning ved lavere pH-værdier end 6.7.

I tab. nr. 17 er opført resultatene for de to første rækker N og O, hvorav N er podet med 5 gr. jord pr. kolbe og O trinvis podet med kulturvæske fra N.

Den kvalitative analyse av række N viser at nitritene først er helt forsvundet i VII ved pH = 6.7, mens der endnu er rikelig tilstede i VI med pH = 6.3.

Den kvantitative analyse av række O viser at der i VI med pH = 6.3 næsten ingen nitrifikation finder sted, mens den er total i VII med pH = 6.7.

I tab. nr. 18 er opfort analyseresultater for 2 rækker 140 — S og — U. Ogsaa her er der, især i S, et skarpt skille mellem den totale mangel paa nitrifikation i VI med pH = 6.4 og den sterke nitrifikation i VII med pH = 6.7. Denne avgjorte forskjel mellem nr. 137, hvor man i mange forsøk hadde nitrifikation av nitriter ved pH = 6.1—6.3 og altid ved 6.4, og nr. 140, hvor der ikke er nitrifikation under pH = 6.7,

tyder paa at der her maa være to forskjellige bakterier, hvorav den ene har en noget lavere pH-grænse (6.0) end den anden (6.5). Der blir senere anledning til at komme tilbake hertil.

I flere av forsøkene med prøve nr. 140 findes en god nitrifikation i XI med pH = indtil 8.4, men ikke ved 9.3. Imidlertid er vor støtputeblanding XI som nævnt noget upaalidelig, og det er mulig at dens pH her forholdsvis hurtig er sunket og har indstillet sig adskillig lavere. Desværre blev dette ikke kontrollert i 140-forsøkene, og indtil videre skal der derfor ikke bygges noget paa XI-trinnene ved nr. 140.

Prøve nr. 151.

Fra professor J. LENDE-NJAA mottok vi høsten 1924 4 jordprøver, der stammet fra dyrket myrjord ved Tveit landbruksskole i R y f y l k e. 2 av prøvene, nr. 151—152, var indsamlet allerede høsten 1923 og var tat i en næpeaker, hvor der var utpræget ufrugtbare flekker. Prøven fra de ufrugtbare flekker (nr. 152) reagerte efter oplysninger av professor LENDE-NJAA svakt alkalisk, med en pH = 7.2, mens prøven fra samme akers frugtbare deler (nr. 151) reagerte svakt surt, med en pH-værdi angit til 5.7—6.4.

De to andre prøver, nr. 153—54, er indsamlet høsten 1924 og er likeledes fra en aker med ufrugtbare flekker. Denne gang synes imidlertid baade frugtbare og ufrugtbare flekker at reagere surt, og de ufrugtbare er de sureste. PH-værdier er ikke opgit for disse to prøver.

Av prøvene blev der ikke mottat saa store mængder at der kunde sættes igang forsøk med jordnitrifikation etc., og det var heller ikke nok jord til mere omfattende forsøk for at bestemme deres titreringskurve. Der blev derfor kun podet til næringsoplosninger i de vanlige rækker med ammoniumsulfat og nitrit.

Prøve nr. 151 skal først behandles. Der blev paa vanlig maate podet med 5 gr. jord til en a m m o n i u m s u l f a t r æ k k e A, fra denne trinvis til ny række B og fra denne igjen trinvis til en tredje række C. A-serien blev ikke analysert og B-serien kun kvalitativt. B-serien viste med diphenylaminreaktion (idet Griess = 0) begyndende nitrifikation i trin IV—VI, med en pH = 6.0—6.4. Den var dog her ikke total, idet Nessler fremdeles var sterkt positiv. Først i trin VII med pH = 6.7 var Nessler = 0, og fra denne reaktion og gjennem alle trin med pH-værdier 7.0—7.9—8.2 var nitrifikationen total. Den sidste pH-værdi var dog noget usikkert bestemt og ligger muligens noget for høit.

De kvalitative analyseresultater for række C og for den fra C—XI podede D-række er opført i tab. nr. 19.

Tabel 19.

151 — C Podet 30/7 1925 trinvis fra 151 — B (Geimpft am 30/7 1925 mit 151 — B)				151 — D Podet 22/10 1925 fra 151 — C — XI (Geimpft am 22/10 1925 mit 151 — C — XI)			
		Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen)				Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.5	XXX	0.06				
II	5.0	XXX	0.06				
III	5.5	XXX	0.06				
IV	5.8	XXX	0.08				
V	6.1	XXX	0.11	V	6.2	XXX	0.04
VI	6.3	XXX	0.16	VI	6.4	XXX	0.07
VII	6.7	XXX	0.24	VII	6.7	XXX	0.48
VIII	7.0	0	2.00	VIII	7.0	XX	1.80
IX	7.9	0	1.80	IX	8.0	0	2.69
X	7.9	0	1.60	X	8.2	0	2.69
XI	8.2	0	1.60	XI	8.2	0	3.00
XII	9.3	X	0.08	XII	9.2	XX—XXX	0.08

Det fremgaar herav at man i denne prøve har en nitrifikation av ammoniumsulfat som er svak ved pH = 6.7, men ganske sterk fra pH = 7.0 og op til ca. pH = 8.2. Derimot er der absolut ingen nitrifikation i trin VI med pH = 6.4, og vi har derved igjen et bevis for at den ved pH = 6.4—6.5 i mange prøver fundne sterke nitrifikation maa bero paa en anden bakteriestamme, en stamme som altsaa ikke er kommet til utvikling i disse kulturer fra jordprøve nr. 151.

Podning til nitritoplosninger viste i denne jordprøve ganske interessante resultater. Den forste række — N — podet med 5 gr. jord blev ikke analysert. Række O, som var podet trinvis fra N, blev kun analysert kvalitativt. Den gav efter 40 dage total nitrifikation (Griess = 0) i alle trin fra V—XII, altsaa ved pH-værdier = 6.2—9.3. Rækken P blev podet trinvis fra O og analysert kvantitativt efter 35 dager. Den gir som tab. nr. 20 viser total nitrifikation ved pH-værdier = 6.2—8.8, men kun svag ved pH = 9.4. Der blev saa podet 3 nye serier R—S—T henholdsvis fra P—V, P—IX og P—XI. Resultatet herav fremgaar av tab. nr. 20 og 21.

Tabel 20.

151 — P Podet 27/7 1925 trinvis fra 151 — O (Geimpft am 27/7 1925 mit 151 — O)				151 — R Podet 16/10 1925 fra 151 — P — V (Geimpft am 16/10 1925 mit 151 — P — V)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Griess	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr	PH 24 t efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Griess	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
III	5.8	XXX	0.15	III	5.5	XXX	0.15
IV	6.0	XXX	0.12	IV	5.9	XXX	0.15
V	6.2	0—X	6.00	V	6.2	0	6.00
VI	6.4	0	5.00	VI	6.5	0	6.50
VII	6.7	0	5.00	VII	6.8	0	8.00 ?
VIII	7.1	0	5.76	VIII	7.0	0	6.25
IX	7.9	0	6.24	IX	8.1	0	6.25
X	7.9	0	6.00	X	8.0	0	6.25
XI	8.8	0	6.00	XI	8.3	0	6.00
XII	≧ 9.4	XXX	0.40	XII	9.2	XXX	0.11

Tabel 21.

151 — S Podet 16/10 1925 fra 151 — P — IX (Geimpft am 16/10 1925 mit 151 — P — IX)				151 — T Podet 16/10 1925 fra 151 — P — XI (Geimpft am 16/10 1925 mit 151 — P — XI)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
III	5.7	XXX	0.15	III	5.7	XXX	0.10
IV	5.9	XXX	0.12	IV	5.9	XXX	0.10
V	6.2	XXX	0.12	V	6.2	XXX	0.10
VI	6.5	0	6.00	VI	6.5	XXX	0.10
VII	6.8	0	5.00	VII	6.8	0	5.25
VIII	7.0	0	5.25	VIII	7.0	0	5.50
IX	8.2	0	6.00	IX	8.2	0	6.00
X	8.2	0	6.25	X	8.2	0	6.00
XI	8.3	0	6.25	XI	8.3	0	5.00
XII	9.3	0	6.25	XII	9.2	XXX	0.10

Tabel 22.

152 — C Podet 25/7 1925 trinvis fra 152 — B (Geimpft am 25/7 1925 mit 152 — B)				152 — D Podet 24/10 1925 fra 152 — C — VII (Geimpft am 24/10 1925 mit 152 — C — VII)			
		Analyse efter 38 dager (Analyse nach 38 Tagen)				Analyse efter 38 dager (Analyse nach 38 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.8	XXX	0.06				
II	5.2	XXX	0.06				
III	5.3	XXX	0.08				
IV	5.5	XXX	0.10				
V	6.2	XXX	0.10	V	6.2	XXX	0.06
VI	6.5	XXX	0.24	VI	6.4	XXX	0.42
VII	6.7	XX	2.00	VII	6.7	XXX	2.00
VIII	7.0	0	2.10	VIII	7.0	0	3.20
IX	8.0	0	1.96	IX	8.0	XXX	0.06
X	8.0	0	1.80	X	8.2	0	2.10
XI	8.2	0	1.80	XI	8.1	XXX	0.06
XII	9.2	X	0.08	XII	9.0	XXX	0.04

Som man ser har podning fra det svakt sure trin V, med pH = 6.2, i R git nitrifikation ved pH = 6.2. Podning fra det alkaliske trin IX, med pH = 7.9, har derimot ikke git nitrifikation i S—V, men først i S—VI med pH = 6.5, og podning fra P—XI med pH = 8.8 har i T først git nitrifikation i trin VII med pH 6.8. Der er altsaa en paatagelig forskyvning opad av nitrifikationens nedre pH-grænse eftersom man poder fra stadig høiere pH-værdier. Med hensyn til denne nitrifikations øvre grænse kan der kun siges at den ligger omkring pH = 9.2—9.4, men da pH-værdiene i trin XII ikke blev bestemt med samme noiagtighet som de lavere værdier, kan man forelobig ikke trække nogen helt sikre slutninger av de resultater som disse podninger gir med hensyn til den øvre grænse.

Prøve nr. 152.

Som nævnt under prove nr. 151 er prove nr. 152 tat i de ufrugtbare jordflekker med alkalisk reaktion.

Tabel 23.

152 — P Podet 27/7 1925 trinvis fra 152 — O (Geimpft am 27/7 1925 mit 152 — O)				152 — R Podet 15/9 1925 fra 152 — P — V (Geimpft am 15/9 1925 mit 152 — P — V)				152 — S Podet 15/9 1925 fra 152 — P — XI (Geimpft am 15/9 1925 mit 152 — P — XI)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 40 dager (Analyse nach 40 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 40 dager (Analyse nach 40 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX	0.24								
II	5.5	XXX	0.12								
III	5.7	XXX	0.12	III	5.5	XXX	0.16	III	5.5	XXX	0.14
IV	5.9	XXX	0.15	IV	5.9	XXX	0.20	IV	5.9	XXX	0.16
V	6.1	0—X	4.80	V	6.2	0	6.25	V	6.2	XXX	0.16
VI	6.4	0	4.00	VI	6.4	0	6.50	VI	6.4	XXX	0.17
VII	6.7	0	4.00	VII	6.7	0	6.00	VII	6.7	0	6.00
VIII	7.0	0	4.00	VIII	7.0	0	5.50	VIII	7.0	0	6.00
IX	8.2	0	4.00	IX	8.2	0	5.25	IX	8.1	0	6.00
X	8.2	0	4.00	X	8.2	0	5.00	X	8.2	0	6.00
XI	8.8	0	4.00	XI	8.3	0	6.50	XI	8.3	0	6.50
XII	⩾ 9.4	XXX	0.32	XII	⩾ 9.6 [1]	XXX	0.10	XII	⩾ 9.6 [1]	0	6.00

[1]) PH er her ved forsøkets avslutning 9.2—9.3.
(PH ist beim Abschluss des Versuches 9.2—9.3).

Der blev her som for nævnt podet med 5 gr. jord til en A-række med ammoniumsulfat og fra denne trinvis til en B-række. A-rækken blev ikke analysert og B-rækken kun kvalitativt. Fra B-rækken blev igjen podet trinvis til en C-række, og denne blev kvantitativt analysert. Fra trin VII i C-rækken blev podet til række D, som ogsaa blev kvantitativt analysert. Resultatet av disse analyser fremgaar av tab. nr. 22. Som man ser er der i C-rækken en sterk nitrifikation fra og med pH = 6.7 til og med pH = 8.2. Der er her ingen nitrifikation av betydning ved pH = 6.5, og dette taler for at den nitrifikation av ammoniumsulfat, som i andre prover findes ved pH = 6.5 og noget lavere værdier, er bevirket av en anden bakterie end den som er tilstede i disse kulturer.

Podning til nitritoplosninger blev ikke analysert i forste række N. Men fra denne blev der trinvis podet til ny række O, og denne viste efter 40 dager en negativ Griess-reaktion i alle rækker V—XII, og man maa derfor gaa ut fra at nitri-

Tabel 24.

153 — C	Podet 20/7 1925 trinvis fra 153 — B (Geimpft am 20/7 1925 mit 153 — B)			153 — D	Podet 17/9 1925 fra 153 — C — V (Geimpft am 17/9 1925 mit 153 — C — V)			153 — E	Podet 17/9 1925 fra 153 — C — XI (Geimpft am 17/9 1925 mit 153 — C — XI)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Nessler	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Nessler	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) NO_3 — kv. stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Nessler	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	4.8	XXX	0.07	I	4.8	XXX	0.07	I	5.3	XXX	0.07
II	5.2	XXX	0.07	II	5.2	XXX	0.07	II	5.5	XXX	0.07
III	5.5	XXX	0.22	III	5.6	XXX	0·07	III	5.8	XXX	0.07
IV	5.9	XXX	0.15	IV	6.0	XXX	0.07	IV	6.0	XXX	0.07
V	6.2	XXX	0.80	V	6.2	XXX	0.48	V	6.2	XXX	0.24
VI	6.4	XXX	1.20	VI	6.4	XXX	0.90	VI	6.5	XXX	1.20
VII	6.7	XX	2.00	VII	6.7	XXX	2.40	VII	6.7	0—X	2.40
VIII	7.0	0	1.80	VIII	7.0	0—X	2.40	VIII	7.0	0	2.40
IX	7.9	0	1.80	IX	7.9	0	2.00	IX	8.0	0	1.40
X	7.9	0	1.80	X	8.0	0	2.25	X	8.2	0	2.10
XI	7.8	0	1.80	XI	7.9	X	0.56	XI	8.0	0	1.40
XII	⩾ 9.4	0	0.50	XII	⩾ 9.4	XXX	0.05	XII	⩾ 9.4	0	1.15

fikation her har fundet sted ved alle pH-værdier fra 6.2—9.4. Fra O-rækken blev igjen podet trinvis til ny række P, og denne blev kvalitativt og kvantitativt analysert. Som det vil sees av tab. nr. 23 er der en kraftig nitrifikation fra pH = 6.1 til pH = 8.8. Fra denne række blev der podet til to nye rækker R og S, slik at R blev podet fra P—V og S fra P—XI. Resultatet herav sees i samme tabel (23). Det er her paafaldende at podning fra den sure P—V i R gir nitrifikation ved pH-værdier fra 6.2—8.3, men ikke ved 9.6[1]). Podning fra den alkaliske P—XI gir derimot i S nitrifikation bare fra pH = 6.7, men til gjengjæld gaar den her op til ca. 9.6[1]). Det er altsaa her en meget utpræget forskyvning av nitrifikationsomraadet, eftersom man poder fra en svakt sur eller en svakt alkalisk reagerende oplosning. Dette resultat blev bekræftet ved fortsatte podningsforsok. Saaledes blev der fra R—V podet til ny serie T, og her kom fremdeles kun nitrifikation ved pH = 6.2—8.2, men ikke ved pH = 9.0. Fra T—V blev igjen podet til ny serie Y, og i denne blev der fremdeles kun nitrifikation ved pH = 6.2—8.4, men ikke ved pH = 9.2. Paa den anden side

[1]) Værdiene er ved forsøkets avslutning 9.2—9.3.

Tabel 25.

153 — P	Podet 8/7 1925 trinvis fra 153 — O (Geimpft 8/7 1925 mit 153 — O)				153 — R	Podet 22/9 1925 fra 153 — P — V (Geimpft am 22/9 1925 mit 153 — P — V)	
		Analyse efter 51 dager (Analyse nach 51 Tagen)					
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	PH	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 – Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Reaktion Griess efter 34 dager (Reaktion Griess nach 34 Tagen)
I	5.3		XXX	0.30	I	5.3	XXX
II	5.6		XXX	0.30	II	5.6	XXX
III	5.8		XXX	0.34	III	5.7	XXX
IV	5.9	6.0	XXX	0.32	IV	5.9	XXX
V	6.2	6.1	0	4.75	V	6.2	0
VI	6.4		0	5.70	VI	6.4	0
VII	6.7		0	4.98	VII	6.7	0
VIII	7.0		0	4.98	VIII	7.0	0
IX	8.4		0	4.75	IX	8.4	0
X	8.3		0	5.70	X	8.3	0
XI	8.8	8.8	0	5.70	XI	8.8	0
XII	≷ 9.4	≷ 9.4?	0	4.75	XII	≷ 9.4	XX

blev der fra den forholdsvis sterkt alkaliske opløsning S—XII podet til ny række W, og her faar vi nitrifikation bare fra pH = 6.7, men til gjengjæld helt op til pH = 9.4. En ny podning fra W—XII til række Z gir fremdeles et nitrifikationsomraade pH = 6.7—9.4. Denne forskjel i nitrifikationsomraadets beliggenhet, eftersom man poder med den svakt sure opløsning (V, pH = 6.2) eller de alkaliske opløsninger (XII, pH = 9.4), er altsaa ved denne jordprøve et konstant fænomen. Og det er meget som tyder paa at dette skyldes den ting at de sure opløsninger indeholder andre nitrifikationsbakterier end de alkaliske opløsninger.

Prøve nr. 153.

Denne prøve er tat 1924 fra de under prøve nr. 151 nævnte frugtbare flekker. Prøven reagerer surt, men pH er ikke opgit.

Her blev paa vanlig maate podet med jord til ammoniumsulfatrækken A og fra denne trinvis til række B. Ingen av disse er kvantitativt analysert, og de forbigaaes derfor her. Fra B-rækken blev igjen podet trinvis til ny række C, og analyse av denne række efter 35 dager gav det i tab. nr. 24 sammenstillede resultat.

Tabel 26.

153 — U Podet 10/11 1925 fra 153 — R — XII (Geimpft am 10/11 1925 mit 153 — R — XII)				153 — Y Podet 11/2 1926 fra 153 — U — V (Geimpft am 11/2 1926 mit 153 — U — V)				153 — W Podet 12/2 1926 fra 153 — U — XII (Geimpft am 12/2 1926 mit 153 — U — XII)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 40 dager (Analyse nach 40 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter pod-ning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter pod-ning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.5	XXX	0.24								
II	5.7	XXX	0.15								
III	5.8	XXX	0.13	III	5.5	XXX	0.11	III	5.8	XXX	0.10
IV	6.0	XXX	0.13	IV	6.0	XXX	0.10	IV	6.0	XXX	0.10
V	6.2	0	3.14	V	6.2	0	4.00	V	6.2	XXX	0.08
VI	6.4	0	4.80	VI	6.4	0	Ikke kvant. analyseret (Nicht kvant. analysiert)	VI	6.5	XXX	0.08
VII	6.7	0	4.80	VII	6.6	0		VII	6.7	0—X	5.00
VIII	7.0	0	4.50	VIII	6.9	0		VIII	7.0	0	5.00
IX	8.4	0	4.25 [1]	IX	8.2	0		IX	8.4	0	Ikke kvant. analyseret (Nicht kvant. analysiert).
X	8.3	0	6.0	X	8.2	0		X	8.3	0	
XI	8.3	0	5.0	XI	8.2	0		XI	8.4	0	
XII	9.4	0	5.0	XII	9.4	0		XII	9.4	0	

[1]) Paa grund av analyseuheld er dette kun minimumsværdi.
(Eines Analysenfehlers wegen ist dies nur ein Minimumswert).

Der blev podet til ny række D fra C—V og til ny række E fra C—XI. De kvantitative analyser av disse rækker efter 30 dager gav de i tab. nr. 24 sammenstillede resultater. Som man ser gir podning fra den alkaliske C—XI en tydelig nitrifikation av ammoniumsulfat helt op til en pH-værdi = 9.4, mens podning fra den sure C—V ikke gir nitrifikation længer op end til pH = 7.9—8.0. Denne nitrifikation av ammoniumsulfat ved en pH-værdi = 9.4 skal vi senere komme tilbake til.

Podningen til nitritrækken N blev som vanlig utført med 5 gr. jord pr. kolbe. Fra denne række podedes trinvis til række O og fra denne paa samme maate til række P. Resultatet av analysen av række P er sammenstillet i tab. nr. 25. Man ser at der her er oxydation av nitriter ved alle pH-værdier fra og med 6.2 til og med 9.4. Der blev podet fra P—V til ny række R med det resultat at man fremdeles fik oxydation fra pH = 6.2—9.4, ved denne sidste værdi dog kun i en mindre grad. Ny podning fra R—XII til række U gav igjen oxydation fra pH = 6.2 til 9.4. Fra række U—V

Tabel 27.

154 — C Podet 20/7 1925 trinvis fra 154 — B (Geimpft am 20/7 1925 mit 154 — B)				154 — D Podet 22/10 1925 fra 154 — C — XI (Geimpft am 22/10 1925 mit 154 — C — XI)				154 — E Podet 7/12 1925 fra 154 — D — VII (Geimpft am 7/12 1925 mit 154 — D — VII)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Nessler	NO_3— kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Nessler	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Nessler	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	5.0	XXX	0.04								
II	5.2	XXX	0.04								
III	5.5	XXX	0.04								
IV	5.9	XXX	0.11								
V	6.1	XXX	0.11	V	6.2	XXX	0.30	V	6.2	XXX	0.35
VI	6.4	XXX	0.72	VI	6.4	XXX	1.55	VI	6.4	XXX	1.20
VII	6.7	0	2.40	VII	6.7	XXX	2.80	VII	6.7	XX	2.40
VIII	7.0	0	2.40	VIII	7.0	0	2.70	VIII	7.0	0	3.00
IX	8.0	0	2.00	IX	8.1	0	3.20	IX	7.7	0	2.40
X	8.0	0	2.00	X	8.2	0	3.00	X	8.2	0	2.40
XI	8.1	0	1.79	XI	8.2	0	2.00	XI	7.6	X	1.60
XII		0	0.08	XII	9.2	0	0.20	XII	8.8	XXX	0.06

blev saa podet til ny række Y og fra U—XII til ny række W. Tab. nr. 26 gir resultatene av de kvantitative analyser for disse rækkers vedkommende.

Ogsaa disse analyser viser at en podning fra en sur opløsning gir et noget andet resultat end podning fra en alkalisk opløsning. Podning fra det sure trin U—V gir saaledes i række Y nitrifikation baade i trin V og VI med en pH henholdsvis 6.2 og 6.4, mens podning fra den alkaliske U—XII i række W ikke gir nitrifikation i de tilsvarende trin, men først i trin VII med pH = 6.7. Vi har her igjen den samme forskyvning av nitrifikationsomraadets nedre grænse, som er nævnt ovenfor under prøve nr. 152.

Prøve nr. 154.

Denne prøve er, som nævnt under nr. 151, tat 1924 av de ufrugtbare, surt reagerende flekker.

Der blev paa vanlig maate podet til ammoniumsulfatopløsning i række A, fra denne trinvis til ny række B og fra denne igjen paa samme maate til

Tabel 28.

154 — T	Podet 19/10 1925 fra 154 — P — IV (Geimpft am 19/10 1925 mit 154 - P - IV)			154 — U	Podet 19/10 1925 fra 154 — R — V (Geimpft am 19/10 1925 mit 154 — R — V)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH. 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH. 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX	0.20	I	5.2	XXX	0.21
II	5.5	XXX	0.14	II	5.5	XXX	0.18
III	5.7	XXX	0.12	III	5.7	XXX	0.16
IV	6.0	XXX	0.12	IV	6.0	XXX	0.13
V	6.2	XXX	4.00	V	6.2	0	6.00
VI	6.4	XX	6.00	VI	6.4	0	6.00
VII	6.7	X	6.00	VII	6.7	0	6.25
VIII	7.0	X	5.00	VIII	7.0	0	6.00
IX	8.2	XXX	0.42	IX	8.2	0	6.00
X	8.4	XXX	0.16	X	8.4	XXX	6.00
XI	8.2	XXX	0.48	XI	8.2	X	6.50
XII	9.2	XXX	0.12	XII	9.3	XXX	5.00

række C. Fra C—XI blev podet til ny række D og fra D—VII til ny række E. Resultatene av de tre sidste rækker er sammenstillet i tabel nr. 27.

Som man ser er der overalt i disse rækker en sterk nitrifikation av ammoniumsulfat ved pH-værdier mellem 6.4 og 8.2, men ingen ved de høiere værdier 8.8 og 9.2.

Podningen til nitritoplosningene skal nævnes ganske kort. Der blev podet med jord til række N og fra denne trinvis til række O. Denne gav efter 33 dager som vanlig oxydation fra pH = 6.2 til pH = 9.4. O-kolbene blev staaende og en kvalitativ analyse (Griess) blev foretat 150 dager efter kolbens podning. Det viste sig da at alt nitrit var forsvundet i trin III med en pH = 5.8. Der blev derfor podet fra denne kolbe O—III til ny række P og fra dennes trin IV (pH = 6.0) til ny række T. Resultatet av denne sidste række er opført i tab. nr. 28, hvor ogsaa for sammenlignings skyld er opført analysen av række U.

Det maa her merkes at man efter podning fra det sure trin O—III i række P fik total nitrifikation (Griess = 0) allerede i trin IV med pH = 6.0. Og med podning fra dette trin har man altsaa i række T faat en nitrifikation fra pH = 6.2—7.0, men ikke ved 8.2 og høiere værdier. Man har altsaa her faat realisert den av os

Tabel 29.

130 — B Podet 21/9 1923 trinvis fra 130 — A (Geimpft am 21/9 1923 mit 130 - A)				130 — C Podet 15/11 1923 trinvis fra 130 — B (Geimpft am 15/11 1923 mit 130 — B)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen) Nessler	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.3	XXX	0.03	I	4.4	XXX	0.04
II	5.2	XXX	0.03	II	5.2	XXX	0.04
III	5.4	XXX	0.03	III	5.6	XXX	0.03
IV	5.8	XXX	0.03	IV	5.9	XXX	0.03
V	6.2	XXX	0.20	V	6.2	XXX	0.11
VI	6.4	XXX	0.83	VI	6.4	XXX	0.21
VII	6.7	XXX	1.30	VII	6.6	XXX	0.70
VIII	7.1	XXX	2.50	VIII	7.1	X—XX	1.75
IX	7.8	XX	1.62	IX	7.5	X—XX	1.00
X	7.6	0	2.12	X	7.9	0	2.00
XI	8.2	XXX	0.20	XI	8.4	XXX	0.10
XII	9.3	XX [1])	0.03	XII	9.1	0—X [1])	0.04
XIII	11.5	X [1])	0.00	XIII	>10.0	0—X [1])	0.04
XIV	>12.0	X [1])	0.00	XIV	>10.0	0—X [1])	0.04

[1]) Paa grund av den forholdsvis sterke alkaliske reaktion er her ammoniakken fordampet.
(Der verhältnismässig starken alkalischen Reaktion wegen ist hier der Ammoniak verdampft).

tidligere beskrevne nitrifikation av nitriter, hvis optimale pH ligger mellem 6.8 og 7.3, men desuten en nitrifikation som naar ned til pH = 6.2. Den i forholdsvis sterkt alkalisk opløsning mulige nitrifikation av nitriter er derimot eliminert ved den 2 gange foretagne podning fra sure opløsninger (trin III og IV).

Podning fra det mindre sure trin V har derimot i række U ikke kunnet eliminere denne nitrifikation i alkaliske opløsninger. Fra række O—V (pH = 6.2) blev der nemlig podet til række R og fra R—V igjen til række U, der som tabellen viser har nitrifikation over hele linjen fra trin V—XII eller ved pH-Værdier = 6.2—9.3.

Prøve nr. 130.

Denne jord bør efter sin kvalitet regnes til dyrket jord, selv om den paa grund av sin grundlændethet ikke kunde være gjenstand for dyrkning. Proven er tat 5. 6. 1923 paa en tør, græsbevokset bakke over silurfjeld i nærheten av Nygaard — Frydenberg i Asker ved Oslo.

Tabel 30.

130 — P Podet 17/11 1923 trinvis fra 130—O (Geimpft am 17/11 1923 mit 130 — O)				130 — U Podet 20/8 1924 fra 130 — S — IX (Geimpft am 20/8 1924 mit 130 — S — IX)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen)		Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 45 dager (Analyse nach 45 Tagen)	
		NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.			Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.5	8.25	0.25	I			
II	5.5	8.25	0.18	II			
III	5.7	8.90	0.12	III			
IV	6.0	7.90	0.13	IV			
V	6.3	7.55	0.14	V	6.2	XXX	0.14
VI	6.5	5.25	2.09	VI	6.4	XXX	0.08
VII	6.7	0.00	5.44	VII	6.7	XXX	0.32
VIII	7.3	0.00	5.26	VIII	7.1	XXX	2.54
IX	8.2	0.00	5.79	IX	7.8	0	4.50
X	8.0	0.00	5.67	X	7.9	0	5.00
XI	8.7	0.00	5.90	XI	8.7	0	4.70
XII	9.4	8.75	0.13	XII	$\leqslant$ 9.6	XXX	0.13
XIII	$>$ 10.0	7.40	0.13				
XIV	$>$ 10.0	6.85	0.14				

Vegetationen er *Carum Carvi, Fragaria vesca, Galium verum, Hieracium Pilosella, Hypericum perforatum, Plantago media, Poa* sp., *Ranunculus acris, Trifolium medium.*

Jordprofilet er: A. 20 cm. meget stenet jord av god muldkvalitet.
B. Kalkrikt skiferfjeld (etage 4).

Prøven som blev tat av A-laget har et vandindhold (hygroskop. + kapill.) av 11.24 %, et glødetap av 8.32 % og et askeindhold av 80.44 %.

Jordens aktuelle pH er 6.6. Dens indhold av salpetersyre er ved indsamlingen 1.65 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Efter 30 døgns lagring ved 25° C. indeholder den 47.18 mgr. NO_3, mens den lagret paa samme maate efter tilsætning av 100.0 mgr. ammoniakkvælstof pr. liter jord indeholder 341.7 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Ammoniumsulfattilsætningen har altsaa her git et meget stort utslag, og jorden maa ha en meget kraftig nitrifikationsevne.

Der blev av denne prøve podet til en ammoniumsulfatrække — A — med 14 trin og pH varierende mellem 4.3 og > 12.0. Fra denne blev podet trinvis til ny række B og fra denne igjen paa samme maate til række C. Analyseresultatene for disse rækker er sammenstillet i tab. nr. 29. Begge rækker gir praktisk talt samme resultat. Der spores en svak nitrifikation ved pH = 6.2, en sterkere ved 6.4, og der er en sterk nitrifikation fra og med pH = 6.7 til og med pH = 7.9. Ved pH = 8.2 er nitrifikationen allerede svak, og ved pH-værdier over denne er der ingen nitrifikation.

Podning til nitritopløsninger blev foretat i række N og fra denne trinvis til ny række O. Fra denne sidste blev igjen podet trinvis til række P og fra trin P—XI til ny række R. Fra trin R—XI blev podet til række S og fra trin S—IX til række U. Analyseresultatene for række P og U er sammenstillet i tab. nr. 30. Det fremgaar herav at denne prøve ikke gir nogen nitrifikation av nitriter ved pH = 9.4 eller derover, men nitrifikationen er total ved pH = 8.7. Det gjælder de fleste av de med denne prøve utførte rækker at nitrifikationen gaar meget godt ved pH = 8.7, men ikke ved pH = 9.4. En eneste række gav tilsynelatende nitrifikation ved pH = 9.4, men ved kontrol viste denne værdi sig at være feil bestemt og laa betydelig lavere. I en enkel række er der endog fundet nitrifikation kun ved pH = 8.3—8.6, hvilket skulde tyde paa renkultur av en bakterie ved dette optimum. Desværre lot dette forsøk sig ikke reproducere.

Den nedre grænse for nitrifikation ligger ved denne prove avgjort høiere end ved de foran nævnte prøver for dyrket jord. Der er ikke, som ved disse, nogen nitrifikation i trin V med pH = 6.2—6.3, og selv i trin VI, med pH = 6.4—6.5, er den middelssvak eller ingen. Man har her tydeligvis for sig den av os tidligere nævnte bakterie, hvis optimum for nitrifikation av nitriter ligger ved pH = 6.8—7.3, og hvis nedre grænse er ved pH = 6.4—6.5.

3. Løvskog-jord.

Av lovskogjord er undersokt 7 prøver som allesammen skal bli utforlig omtalt.

Prøve nr. 125.

Denne prøve er samlet 18. 4. 1923 i et frodig lovskogholt i sydvestvendt skraaning under en fjeldskrænt ved Skjold i Fana pr. Bergen.

Vegetationen bestod av: *Alnus glutinosa, Anthriscus silvestris, Betula odorata, Conopodium denudatum, Fragaria vesca, Fraxinus excelsior, Melandrium rubrum, Poa* sp., *Prunus Padus, Ranunculus acris, Rubus idaeus,* samt bregner.

Jorden var vel formuldet, grynet, og da den laa over eller dels var blandet med smaa og større sten, var den vel drænert. Jordprofilet var:

A. Tyndt mosdække.
B. 13 cm. sten og sandblandet, god muldjord.
C. Noget tættere, rødagtig og mere sandholdig jord.

Prøven er tat av lag B. Den hadde et vandindhold (hygrosk. + kapill.) av 36.50 %, et glødetap av 11.13 % og et askeindhold av 52.37 %. Jordens aktuelle surhetsgrad er pH = 5.9. Den viste en ganske kraftig ammoniakproduktion. Ved indsamlingen indeholdt den 3.41 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord, men efter 30 døgns lagring ved 25° C. var dette steget til 23.12 mgr. NH_3. Nitrifikationsevnen er ogsaa meget betydelig. Ved indsamlingen av prøven var der kun spor av nitrater tilstede, men efter 30 døgns lagring ved 25° C. indeholdt den 139.2 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Der blev paa vanlig maate podet med 5 gr. jord pr. kolbe til ammoniumsulfatoplosninger. Allerede den forste række — A— gav en meget svak nitrifikation ved pH = 5.9, en sterkere ved pH = 6.2 og forøvrig nitrifikation i de 3 trin med pH = 6.6, 6.9 og 7.4. Høiere pH-værdier blev ikke provet i denne række. Der blev podet trinvis til ny række B og fra denne igjen til ny række C. Podningen fra B til C blev utført paa følgende maate:

Fra	B — I	blev podet til	C — I.
»	B — II	—»—	C — II—III.
»	B — V	—»—	C — IV—V.
»	B — VI	—»—	C — VI.
»	B — VII	—»—	C — VII.
»	B — VIII	—»—	C — VIII.
»	B — IX	—»—	C — IX.
»	B — X	—»—	C — X.

Paa denne maate blev saavidt mulig søkt opnaadd at podningen fandt sted mellem trin med ikke altfor avvikende pH-værdier. Desværre lykkedes dette ikke helt for de lavere trins vedkommende. Analyseresultatene for disse to rækker er opført i tab. nr. 31.

Som det sees av tabellen er der i B-rækken en ganske svak antydning til nitrifikation i trin II og III ved en pH = 4.8. Denne nitrifikation gjenfinder vi i C-rækkens trin II og III, som begge er podet fra B — II. Der er her i trin C — II og III dannet henholdsvis 0.100 og 0.160 mgr. NO_3-kvælstof ved en pH-værdi av 5.2 og 5.5. Syreproduktionen i disse to trin faar ogsaa et godt uttryk ved den sterke sænkning

Tabel 31.

125 — B	Podet 9/8 1923 trinvis fra 125 — A (Geimpft am 9/8 1923 mit 125 — A)					125 — C	Podet 17/8 1923 trinvis fra 125 — B (Geimpft am 17/8 1923 mit 125 — B)				
Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 62 dager (Analyse nach 62 Tagen) PH	Nessler	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) PH	Nessler	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.5	4.2	×××	0	0.052	I	4.5	4.2	×××	0	0.040
II	4.8	4.2	×××	0	0.070	II	5.2	4.0	×××	0	0.100
III	4.8	4.2	×××	0	0.070	III	5.5	4.1	×××	0—×	0.160
IV	4.8	4.5	×××	0	0.026	IV	5.9	5.7	×××	0	0.070
V	6.4	5.7	×××	0	0.140	V	6.2	5.3	×××	0	0.520
VI	6.5	4.5	×××	0	0.560	VI	6.4	6.3	×××	0—×	0.200
VII	6.8	5.3	×	0	0.700	VII	6.7	5.8	0—×	0	1.020
VIII	7.2	6.6	×××	××	0.104	VIII	7.1	6.4	0	0	2.400
IX	7.7	7.4	×××	××	0.018	IX	7.8	6.8	0	0	1.320
X	7.7	7.0	0	0	1.120	X	8.0	7.0	0	0	1.800

av pH-værdien som den har bevirket, helt ned til pH = 4.0—4.1. Med podning fra trin C—III til ny række D lykkedes det ogsaa i denne række at faa en nitrifikation i trin III ved en pH = 5.6. Ved fortsat podning fra trin D—III til ny serie G var imidlertid nitrifikationen i trin G—III med pH = 5.4 og G—IV med pH = 5.8 helt ubetydelig, og det lykkedes ikke ved fortsatte overføringer til nye rækker at holde nitrifikationen vedlike ved disse lave pH-værdier.

Række B viser en ganske sterk nitrifikation i de sure trin ved pH = 6.5. Det er den samme nitrifikation som vi tidligere (1923) har beskrevet (bakterie γ). Denne nitrifikation finder vi ogsaa i række C, men her er desuten ogsaa sterk nitrifikation i trin VIII med pH = 7.1. Denne nitrifikation og likeledes den som findes i B—VII er nævnt av os (1923) og tilskrevet en bakterie β. Desuten er der i begge rækker en kraftig nitrifikation i kalkrækken (trin X), bevirket av den av os (1923) nævnte bakterie α.

Der blev fra C-rækken podet til flere nye rækker, men analysene av disse gav praktisk talt det samme resultat som det fremstillet i tab. nr. 31, og det er ikke nødvendig at gaa nærmere ind paa dette.

Av denne jordprøve blev der i k k e podet til n i t r i t oplosninger.

Tabel 32.

128 — D Podet 23/11 1923 trinvis fra 128 — B
(Geimpft am 23/11 1923 mit 128 — B)

Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 64 dager (Analyse nach 64 Tagen) PH	Nessler	Griess	Diphenyl-amin	NO_3 — kvælstof (NO_3 — (Stickstoff) Mgr.
I	4.6	≦ 4.4	XXX	0—X	XX	0.05
II	5.3	5.3	XXX	0	X	0.03
III	5.5	< 4.4	XXX	0	XXX	0.32
IV	5.8	5.8	XXX	0	X	0.06
V	6.2	6.1	XXX	0	XXX	0.15
VI	6.5	4.6	XXX	0	XXX	1.60
VII	6.7	5.9	XXX	0	XXX	2.20
VIII	7.2	7.1	XXX	0	X—XX	0.08
IX	7.7	7.7	XXX	0—X	X	0.06
X	8.0	7.2	XXX	0	XXX	2.40

Prøve nr. 128.

Denne prøve er samlet 24. 5. 1923 i utmarken til Os prestegaard, Os pr. Bergen. Den er tat i løvskog paa nordvestsiden av Oselven, ca. 2—300 m. ovenfor hovedveiens bro over elven. I bakkeskraaningene ned mot elven er her en frodig løvskog med rik urtevegetation.

Vegetationen har følgende sammensætning:

Alnus glutinosa, A. incana, Alchemilla vulgaris, Anemone nemorosa, Anthoxanthum odoratum, Betula odorata, Campanula rotundifolia, Carex sp., Conopodium denudatum, Convallaria majalis, Equisetum sp., Fraxinus excelsior, Hieracium sp., Listera ovata, Mentha sp., Orchis masculus, Oxalis Acetosella, Phegopteris polypodioides, Pinguicula vulgaris, Primula acaulis, Prunus Padus, Rosa sp., Succisa pratensis, Viola Riviniana.

Jordprofilet er 20 cm. god, grynet muldjord med mange metemarker, og paa det sted, hvor proven blev tat, var vegetationen temmelig sparsom paa grund av skygge fra frodige hasselbusker.

Jordprovens vandindhold (hygrosk. + kapill.) var 32.41 %, dens glødetap 7.79 % og dens askeindhold 59.80 %. Den var kun svakt sur, idet dens aktuelle pH var 6.6.

Ved indsamlingen indeholdt jorden 3.48 mgr. NH_3 og efter 30 døgns lagring 9.62 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord. Nitratindholdet var ved indsamlingen av prøven helt ubetydelig og er kun betegnet som »spor«. Efter 30 døgns lagring ved 25° C. var det 16.90 mgr. og efter 30 døgns lagring med tilsætning av 106 mgr. ammoniak-N 28.75 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Der blev paa vanlig maate podet til a m m o n i u m s u l f a t opløsning i række A og fra denne trinvis igjen til række B og videre fra denne til række D. A- og B-rækkene blev kun undersøkt kvalitativt, mens D-rækken blev analysert baade kvalitativt og kvantitativt med det resultat som er sammenstillet i tab. nr. 32.

Det mest interessante ved denne tabel er de 3 utprægede maxima for nitrifikation som den viser. Det første ligger i trin III ved en pH = 5.5, hvor en producert nitratmængde av 0.32 mgr. har bragt opløsningens pH helt ned under 4.4. Vi har her igjen en sikker nitrifikation i forholdsvis sterkt sure opløsninger med en pH = ca. 5.5. Desværre lykkedes det heller ikke her at føre denne nitrifikation videre. Overføring fra trin D—III til ny række G gav i de 6 første trin følgende resultat:

	Trin	PH	Diphenylamin-reaktion
G	I	4.4	×
	II	5.2	××—×××
	III	5.6	××—×××
	IV	5.8	×—××
	V	6.1	0—×
	VI	6.4	××

Dette resultat i denne række, hvor alle trin er podet fra trin D—III, viser tydelig at der er en nitrifikation med et sikkert optimum ved en pH = ca. 5.5, men ved videre overføring fra trin G—III til ny række lykkedes det ikke at faa denne nitrifikation til fortsat utvikling, og det er derfor sikkert specielle betingelser for dens utvikling som ikke tilfredsstilles ved disse kulturer, og som derfor først maa nøiere utforskes.

Forøvrig viser tabellen det for kjendte maksimum for nitrifikation i svakt sure oplosninger ved pH = 6.5—6.7 og desuten den vanlige nitrifikation i kalkoplosningen — trin X. Mangelen paa nitrifikation i trin IX trods den gunstige pH = 7.7 beror sikkert derpaa, at podningsoplosningen ikke har indeholdt bakterier. Saavel A—IX som B—IX har nemlig hat en saavidt lav pH-værdi (7.4—7.5) at nitrifikationen ikke er kommet igang, og infektion fra B—IX har derfor ikke bragt bakterier til opløsningen.

Tabel 33.

128 — N Podet 26/5 1923 med 5 gr. jord pr. kolbe (Geimpft am 26/5 1923 mit 5 gr. Erde pr. Kolbe)				128 — P Podet 19/11 1923 trinvis fra 128 — O (Geimpft am 19/11 1923 mit 128 — O)				
		Analyse efter 38 dager (Analyse nach 38 Tagen)				Analyse efter 57 dager (Analyse nach 57 Tagen)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Griess	Diphenyl-amin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX		I	5.0	XXX	4.75	0.20
II	5.3	XXX		II	5.3	XXX	5.10	0.15
III	5.5	XXX		III	5.6	XXX	5.60	0.09
IV	5.8	XXX		IV	6.0	XXX	5.48	0.06
V	6.1	XXX		V	6.2	XXX	5.22	0.06
VI	6.4	XXX		VI	6.5	0—X	< 0.03	4.28
VII	6.7	0	XXX	VII	6.7	0	0.00	4.81
VIII	7.1	0	XXX	VIII	7.3	0	0.00	4.30
IX	8.0	XXX		IX	8.2[1])	0	0.00	3.81
X	7.6	0	XXX	X	7.8	0	0.00	4.07

[1]) Ved forsøkets avslutning er PH = 8.1.
(Beim Abschluss des Versuches wurde PH = 8.1 gefunden)

Tabel 34.

128 — R Podet 24/1 1924 fra 128 — P — VI (Geimpft am 24/1 1924 mit 128 — P — VI)				128 — S Podet 16/6 1924 med 128 — R — VI (Geimpft am 16/6 1924 mit 128 — R —VI)			
		Analyse efter 73 dager (Analyse nach 73 Tagen)				Analyse efter 50 dager (Analyse nach 50 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr'	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
IV	5.9	XXX	0.11	IV	6.0	XXX	0.11
V	6.2	XXX	0.06	V	6.2	XXX	0.10
VI	6.4	XXX	0.24	VI	6.4	XXX	0.10
VII	6.7	0	4.85	VII	6.6	XXX	0.45
VIII	7.2	0	4.75	VIII	7.1	XXX	—

Av denne jordprøve blev der paa vanlig maate podet til nitritopløsninger. Den første række — N — blev bare analysert kvalitativt. Fra denne blev podet trinvis til række O og fra denne igjen til række P. Der var i disse rækker kun tat med de første trin I—X, og der blev derfor ikke anledning til at studere mulighetene for nitrifikation i de sterkt alkaliske trin. Nitrifikationens pH-grænse nedad er imidlertid i denne prøve av en betydelig interesse, idet den viser et avgjort andet forhold end mange av de tidligere behandlede prøver av dyrket jord.

I 128 —N er der en total nitrifikation av nitritene ved pH = 6.7, 7.1 og 7.6. Hvor langt nitrifikationen er kommet i trin VI (pH = 6.4) og IX (pH = 8.0) kan den kvalitative analyse ikke vise. Der blev som nævnt podet fra række N trinvis til ny række O. I denne optraadte imidlertid en farve i opløsningene, som trods kompenseringsforsøk umuliggjorde en nøiagtigere kolorimetrisk pH-bestemmelse. Det blev derfor efter 37 dages kultur i O podet trinvis til række P, og denne blev kvantitativt analysert efter 57 dager. Som tabel nr. 33 viser er der total nitrifikation fra og med pH = 6.5 til og med pH = 8.2. Ved pH = 6.2 er der derimot ingen nitrifikation. Der er altsaa ved gjentagne overføringer mellem opløsninger med pH = 6.1—6.2 (N—V, O—V, P—V) ikke frembragt nogen nitrifikation. Tilsvarende overføringer mellem opløsninger med pH = 6.4—6.5 (N—VI, O—VI, P—VI) har derimot i trin P—VI ført til total nitrifikation.

For at bestemme om denne nedre grænse virkelig er saa skarp blev der podet fra P—VI (med dens totale nitrifikation) til ny række R. Som tab. nr. 34 viser er der her en svak, begyndende nitrifikation i trin VI med pH = 6.4 og en total i trin VII med pH = 6.7. Der blev podet fra den svakt nitrificerende R—VI til ny serie S, og resultatet er nu ingen nitrifikation ved pH = 6.4 og nogen, men ikke sterk nitrifikation ved pH = 6.6. Dette resultat stemmer helt overens med det vi tidligere har fundet (1921-a). I de der nævnte forsøk blev den nedre grænse for denne nitrifikation sat til pH = 6.4—6.5. Dette er som man ser helt andre forhold end vi har fundet ved de foran behandlede prøver av dyrket jord, hvor man i enkelte tilfælder har total nitrifikation helt ned til pH = 6.1 og i mange tilfælder ved pH = 6.2—6.4. Dette forhold kan vanskelig tydes anderledes end at den dyrkede jord har nitritoxyderende bakterier, som taaler et noget surere medium.

Den ovenfor nævnte, av os i 1921 beskrevne nitrifikation naadde ved pH-værdier over 7.5 kun ubetydelige mængder NO_3-kvælstof. I denne prøve som her er behandlet er der, som tab. nr. 33 viser, en total nitrifikation helt op til pH = 8.2 (høiere pH-værdier blev ikke prøvet), og denne lovskogjordprøve indeholder derfor sikkert likesom prøvene av dyrket jord bakterier, som oxyderer nitriter i avgjort alkaliske oplosninger. Om den indeholder bakterier der kan nitrificere helt op til pH = 9.4 som den dyrkede jord, kan forsøkene ikke avgjøre.

Tabel 35.

129 — P	Podet 12/11 1923 trinvis fra 129 — O (Geimpft am 12/11 1923 mit 129 — O)				129 — R	Podet 12/2 1924 fra 129 — P — V (Geimpft am 12/2 1924 mit 129 P — V)			129 — S	Podet 18/2 1924 fra 129 — P — IX (Geimpft am 18/2 1924 mit 129 — P — IX)			
		Analyse efter 80 dager (Analyse nach 80 Tagen)					Analyse efter 55 dager (Analyse nach 55 Tagen)				Analyse efter 55 dager (Analyse nach 55 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff)	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	4.9	XXX	5.00	0.11	I	—	—	—	I	5.0	XXX	—
II	5.5	XXX	6.30	0.13	II	5.5	XXX	—	II	5.6	XXX	—
III	5.8	XXX	7.15	0.10	III	5.6	XXX	0.65	III	5.8	XXX	0.15
IV	6.1	XXX	5.14	0.08	IV	5.9	XXX	2.59	IV	6.0	XXX	0.14
V	6.2	XXX	4.86	1.23	V	6.2	XXX	1.39	V	6.3	XXX	0.11
VI	6.4	0—X	0.00	4.28	VI	6.5	XXX	0.58	VI	6.5	XXX	0.10
VII	6.6	0	0.00	4.28	VII	6.8	XX	3.24	VII	6.8	XXX	0.11
VIII	6.9	0	0.00	4.80	VIII	7.3	XXX	3.24	VIII	7.3	X	4.14
IX	7.9	0	0.00	4.52					IX	8.4	X	5.11
X	7.9	0	0.00	4.80					X	7.8	0	4.62
XI	7.7	0	0.00	3.49					XI	8.4	0	2.38
XII	9.7	XXX	4.45	0.06					XII	≷ 9.4	XXX	0.13
XIII	>10.0	XXX	5.37	0.07								
XIV	>10.0	XXX	5.57	0.08								

Prøve nr. 129.

Proven er samlet 5. 6. 1923 i en sydostvendt, skogklædt skraaning under en fjeldknaus syd for Nygaard—Frydenberg i Asker pr. Oslo.

Den rike vegetation hadde hovedsagelig følgende sammensætning:

Acer platanoides, Alnus glutinosa, Anemone Hepatica, Corylus Avellana, Fragaria vesca, Hypochoeris maculata, Juniperus communis, Lonicera Periclymenum, Lathyrus montanus, Luzula pilosa, Melica nutans, Pirus Malus, Poa sp., Quercus pedunculata, Ranunculus auricomus, Rosa sp., Rubus saxatilis, Solidago virgaurea, Sorbus aucuparia, Tilia cordata, Viola Riviniana.

Undergrunden er kalkrikt skiferfjeld (etage 4), og jordprofilet var over dette et ensartet 20—30 cm. dypt lag av god, grynet muldjord, iblandet temmelig meget smaasten. Provens vandindhold (hygrosk. + kapill.) var 18.51 %, dens glødetap 8.44 % og askeindhold 73.05 %. Proven reagerte meget nær nøitralt, idet dens aktuelle pH var 6.8.

Ved indsamlingen indeholdt prøven en ammoniakmængde av 1.66 mgr. pr. 1000 cm.³ jord, og efter 30 døgns lagring var dette ikke steget til mere end 2.10 mgr.

Nitratindholdet var ved indsamling 2.2 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord og efter 30 døgns lagring 26.4 mgr. Ved 30 døgns lagring efter tilsætning av 106 mgr. ammoniak-N indeholdt jorden 269.5 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord, og den er altsaa i besiddelse av en meget kraftig nitrifikationsevne.

Der blev av denne prøve ikke podet til ammoniumsulfatopløsninger, men derimot paa vanlig maate til nitritopløsninger.

Nitrit-række N blev podet med jord. Paa grund av den derved bevirkede sterke farve i opløsningene kunde pH ikke nøiagtig bestemmes kolorimetrisk, men der var dog efter 37 dage en total nitrifikation (Griess = 0) i de trin som hadde en pH = ca. 7 og noget over denne værdi. Der blev podet trinvis til ny række O og fra denne igjen efter 53 dager til række P. Række P blev analysert kvantitativt med det i tab. nr. 35 opførte resultat, og der blev saa podet fra trin P—V til ny række R og fra P—IX til ny række S. Ogsaa disse rækker blev kvantitativt analysert. Resultatet fremgaar av tab. nr. 35.

I flere henseender har disse forsøk git et overraskende resultat. Det som springer mest i øinene, er den store forskjel mellem række R og S. I R har podningen fra den svakt sure P—V git en meget betydelig nitrifikation ved den lave pH-værdi 5.9. Dette er en helt ny nitrifikation som vi ikke har truffet i de andre prøver. Infektion fra det alkaliske trin P—IX har derimot i række S git nitrifikation kun fra pH-værdien 7.3 og opover. Det kan vel neppe være tvil om at dette forskjellige utfald av forsøk R og S maa skyldes den ene ting, at de to infektionsvæsker P—V og P—IX indeholder helt forskjellige nitrifikationsbakterier.

Desværre bevirket et uheld at vi ikke fik anledning til at føre forsøket med den nyfundne nitrifikation ved lav pH videre. Men den ene serie R synes at tyde paa, at der her er i virksomhet en bakterie med optimum omkring pH = 6.0 og desuten den vanlige ved pH = 6.8—7.3.

For at undersøke den øvre pH-grænse for nitrifikation i denne jordprøve blev der podet gjentagne ganger til nye rækker med det mest alkaliske nitrificerende trin som podevæske. Allerede i første række N var der podet til ialt 14 trin (I—XIV), hvorav de tre (XII—XIV) hadde en pH-værdi som laa over 9. Det samme gjælder rækkene O og P. I ingen av disse var der nitrifikation ved pH-værdier over 9, og proven er saaledes helt avvikende fra provene av dyrket jord, som allerede i de første rækker gir nitrifikation av nitriter ved pH = ca. 9.2—9.5. Heller ikke i række S, som er podet fra P—IX, er der nitrifikation ved pH . 9.4. Fra S—XI med pH = 8.4 og total nitrifikation blev podet til ny række W. I denne række blev saa fundet nitrifikation fra pH = 6.4 til pH = 8.1, men kun en svak nitrifikation ved pH = 9.4.

Tabel 36.

129 — W	Podet 12/6 1924 fra 129 — S — XI (Geimpft am 12/6 1924 mit 129 — S — XI)			129 — Y	Podet 18/6 1924 fra 129 — W — V (Geimpft am 18/6 1924 mit 129 — W — V)			129 — NN	Podet 5/12 1924 fra 129 — Y — VII (Geimpft am 5/12 1924 mit 129 — Y — VII)			129 — Z	Podet 19/8 1924 fra 129 — W — XI (Geimpft am 19/8 1924 mit 129 — W — XI)		
		Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen)				Analyse efter 40 dager (Analyse nach 40 Tagen)				Analyse efter 53 dager (Analyse nach 53 Tagen)				Analyse efter 40 dager (Analyse nach 40 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	—	—	—	I	5.1	XXX	0.22	I	—	—	—	I	5.4	XXX	0.15
II	—	—	—	II	5.4	XXX	0.18	II	—	—	—	II	5.6	XXX	0.14
III	5.9	XXX	0.17	III	5.6	XXX	0.12	III	—	—	—	III	5.7	XXX	0.11
IV	6.0	XXX	0.14	IV	5.8	XXX	0.11	IV	6.0	XXX	0.13	IV	5.8	XXX	0.14
V	6.4	0	4.21	V	6.2	XXX	0.11	V	6.2	XXX	0.11	V	6.3	XXX	0.11
VI	6.4	0	4.70	VI	6.5	XXX	0.33	VI	6.4	0	5.21	VI	6.5	XXX	0.10
VII	6.6	0	4.51	VII	6.6	0	4.13	VII	6.7	0	6.48	VII	6.7	XXX	2.55
VIII	7.1	—	—	VIII	7.0	0	4.13	VIII	7.1	0	5.55	VIII	7.0	0	4.62
IX	8.1	0—X	4.41	IX	7.8	0	4.00	IX	7.9	0	5.55	IX	7.9	0	4.62
X	—	—	—	X	8.0	0	4.50	X	7.9	0	6.01	X	8.0	0	4.62
XI	7.9	0	4.30	XI	8.6	0	3.25	XI	8.9	XX—XXX	2.07	XI	8.4	0	4.00
XII	9.4	XXX	0.27	XII	9.6	XXX	0.09	XII	> 10	XXX	0.07	XII	9.6	XXX	0.10

Tabel 37.

129 — NP	Podet 13/12 1924 fra 129 — Z — XI (Geimpft am 13/12 1924 mit 129 — Z — XI)			129 — NR	Podet 6/3 1925 fra 129 — NP — IX (Geimpft am 6/3 1925 mit 129 — NP — IX)			129 — NT	Podet 10/8 1925 fra 129 — NR — XI (Geimpft am 10/8 1925 mit 129 — NR — XI)			129 — NU	Podet 28/10 1925 fra 129 — NT — X (Geimpft am 28/10 1925 mit 129 — NT — X)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 62 dager (Analyse nach 62 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 40 dager (Analyse nach 40 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 34 dager (Analyse nach 34 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.4	XXX	0.20	I	—	—	—	I	5.4	XXX	0.20	I	—	—	—
II	5.6	XXX	0.15	II	—	—	—	II	5.5	XXX	0.14	II	—	—	—
III	5.8	XXX	0.13	III	—	—	—	III	5.8	XXX	0.12	III	—	—	—
IV	6.0	XXX	0.12	IV	6.1	XXX	0.13	IV	5.8	XXX	0.10	IV	—	—	—
V	6.2	XXX	0·11	V	6.2	XXX	0.10	V	6.2	XXX	0.10	V	6.2	XXX	0.18
VI	6.4	XXX	2.34	VI	6.4	XXX	0.07	VI	6.4	XXX	0.10	VI	6.5	XXX	0.18
VII	6.7	0	4.00	VII	6.7	0	4.43	VII	6.7	XXX	0.40	VII	6.7	XXX	3.00
VIII	7.2	0	3.46	VIII	7.2	0	4.60	VIII	7.0	X	5.00	VIII	7.0	0	6.25
IX	8.0	0	3.49	IX	8.1	0	4.59	IX	8.2	XX	5.00	IX	8.2	0	5.00
X	7.6	0	4.32	X	8.0	0	4.25	X	7.9	0	5.24	X	8.3	0	6.00
XI	8.8	0	4.21	XI	8.8	XXX	3.50	XI	8.0	XXX	0.10	XI	8.4	0	5.00
XII	~ 10.0	XXX	0.08	XII	≷ 9.6	XXX	0.08	XII	≷ 9.6	XXX	0.10	XII	≷ 9.6	XXX	0.14

Fra W—V blev der podet til ny række Y og fra Y—VII til ny række NN. I begge disse fra sure opløsninger podede rækker er der, som tab. nr. 36 viser, nitrifikation ned til en pH-værdi av 6.4 og 6.6. Samtidig blev der podet fra den alkaliske W—XI til ny række Z og fra den likeledes alkaliske Z—XI til ny række NP, videre fra den alkaliske NP—IX til NR, fra NR—XI til NT, og fra NT—X til NU. I alle disse fra alkaliske opløsninger podede rækker ligger den nedre pH-grænse for nitrifikation avgjort høiere end i de for nævnte fra sure opløsninger podede rækker (Y og NN). Som tabel nr. 37 viser er der nemlig som regel først total nitrifikation i trin VII med pH = 6.7 eller i mange tilfælder først i trin VIII med pH = 7.0, mens der i Y og NN er total nitrifikation i trin VI med pH = 6.5. I alle disse serier, baade de som er podet fra sure og de som er podet fra alkaliske opløsninger, er der en sterk, oftest total, nitrifikation i de alkaliske opløsninger med pH-værdier mellem 8 og 9. Den høieste pH-værdi som har git nitrifikation er 8.9, og i intet tilfælde har vi ved gjentagne podninger fra sterkt alkaliske opløsninger faat nitrifikation i trin XII med sin pH-værdi $\geqq$ 9.6.

Da der i disse rækker desværre ikke er noget trin med pH = ca. 9.2—9.4, er den øvre grænse ikke helt nøiagtig bestemt i denne prøve. Det er vel rimelig at denne nitrifikation ogsaa for denne proves vedkommende har sin grænse ved en pH-værdi = ca. 9.5.

Prøve nr. 131.

Prøven er samlet 5. 6. 1923 i en skogkant over silurskifer syd for Nygaard —Frydenberg i Asker pr. Oslo. Lokaliteten ligger bare ca. 50 m. fra indsamlingsstedet for prøvene nr. 129 og nr. 130.

Vegetationen var meget ensartet, idet den var et næsten rent bestand av ***Convallaria majalis,*** som kun meget sparsomt var indblandet med *Anemone Hepatica.*

Jordprofilet var meget enkelt, idet det viste ca. 30 cm. humusrik muldjord indeholdende temmelig meget av dode og levende planterøtter. Formuldningen av det organiske stof var ikke saa god som i nævnte prøver nr. 129 og nr. 130. Under dette jordlag laa skiferfjeld, som nævnt under de to andre prøver.

Prøvens vandindhold (hygrosk. + kapill.) er 25 %, dens glødetap 10.18 % og dens askeindhold 64.82 %. Jordens reaktion er tydelig sur, idet dens pH-værdi er 6.35.

Da der av denne prøve ikke blev samlet nok jord til fuldstændig analyse, blev dens ammoniakindhold ved indsamlingen ikke bestemt. Efter 30 døgns lagring indeholdt imidlertid jorden 31.76 mgr. NH_3 pr. 1000 $cm.^3$ og altsaa en meget bety-

Tabel 38.

131 — A Podet med jord 31/7 1923 (Geimpft mit Erde am 31/7 1923)				131 — B Podet 28/9 1923 trinvis fra 131 — A (Geimpft am 28/9 1923 mit 131 — A)				131 — C Podet 28/9 1923 fra 131 — A — VIII (Geimpft am 28/9 1923 mit 131 — A — VIII)				
Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 50 dager (Analyse nach 50 Tagen) Nessler	Diphenylamin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Nessler	Diphenylamin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 timer efter podn. (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) PH	Nessler	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	4.2	XXX	0—X	I	4.6	XXX	0	I	4.7	—	XXX	0.00
II	4.6	XXX	0—X	II	5.2	XXX	0	II	5.2	—	XXX	0.00
III	4.8	XXX	0—X	III	5.5	XXX	X	III	5.5	—	XXX	0.00
IV	5.2	XXX	0—X	IV	5.8	XXX	XX–XXX	IV	5.8	—	XXX	0.00
V	5.6	XXX	XX–XXX	V	6.2	XXX	XX–XXX	V	6.2	—	XXX	0.00
VI	6.1	XXX	XXX	VI	6.5	XXX	XXX	VI	6.4	6.4	XXX	0.00
VII	6.4	XXX	XXX	VII	6.8	XXX	XXX	VII	6.7	6.7	XXX	0.05
VIII	6.9	0	XXX	VIII	7.1	0—X	XXX	VIII	7.2	6.4	0—X	2.25
IX	7.2	0	XXX	IX	7.9	0—X	XXX	IX	8.2	7.1	XXX	1.00
X	7.5	0	XXX	X	8.2	0	XXX	X	7.9	7.0	0	1.75

delig mængde. Indholdet av NO_3 var ved indsamlingen 8.94 mgr. og efter 30 døgns lagring 79.5 mgr. pr. 1000 cm.³ jord.

Der blev fra denne prøve kun podet til ammoniumsulfat opløsninger. Række A blev podet med 5 gr. jord pr. kolbe, og fra denne række blev podet trinvis til ny række B saaledes:

Fra A—II podet til B—I—II.
» A—V —»— B—III.
» A—VI —»— B—IV—V.
» A—VII —»— B—VI.
» A—VIII —»— B—VII—VIII.
» A—IX —»— B—IX.
» A—X —»— B—X.

Resultatene av de kvalitative analyser for disse to rækkers vedkommende sees i tab. nr. 38. I denne tabel er desuten opført de kvantitative analyser av række C, som er podet fra A—VIII.

Av række A og B fremgaar det tydelig at denne prøve ikke kan bevirke nogen sterk nitrifikation av ammoniumsulfat i sure opløsninger. Vistnok er Diphenyl-

aminreaktionen ×××× i flere trin helt ned til pH = 6.1 (og Griess samtidig = 0), men det er meget smaa kvanta NO_3 som skal til for at gi denne reaktion ××××-værdien. Resultatet av de kvalitative analyser av A- og B-rækken bekræftes da helt ut av C-rækken. Denne række er inficert fra trin A—VIII som har total nitrifikation, og det er meget interessant at vi i C-rækken finder en saa skarp pH-grænse for nitrifikation, at denne er praktisk talt 0 i trin VII med pH = 6.7 og total i trin VIII med pH = 7.2. Da den i vort tidligere arbeide (1921-b) nævnte bakterie, som nitrificerer ammoniumsulfat optimalt ved pH = 7.8, har en absolut nedre grænse ved pH = 7.0 og kun nitrificerer minimalt ved pH = 7.2, kan nitrifikationen i trin A—VIII, B—VIII og C—VIII ikke skyldes denne bakterie. Og denne nitrifikation kan heller ikke tilskrives den i vort arbeide (1923, s. 24) nævnte bakterie γ, med optimum ved pH = 6.5—6.6. Det er heller ikke sikkert at den skyldes den sammesteds nævnte bakterie β_1 med optimum pH = 6.8—7.0, idet denne har en nedre grænse ved pH = 6.6 og burde ha producert mere NO_3-kvælstof i trin C—VII end de 0.05 mgr., som tab. nr. 38 viser. Det er derfor mulig at vi her har for os den bakterie, som vi i vort tidligere arbeide (1923) har omtalt s. 23 og 25. Den synes at ha et optimum ved pH = 7.2, og dens nitrifikationsevne ved pH-værdier = 6.5—6.7 er ringe. Vi nævnte i dette tidligere arbeide at det ikke var lykkedes os at føre denne bakterie videre i kultur, og det samme gjælder vore forsøk med denne jordprove nr. 131. Der blev nemlig fra C—VIII podet videre til ny række E og fra E—VIII videre til ny række H, men der kom i begge disse rækker kun en svak nitrifikation i trinnene med pH omkring neutralpunktet og kun en total nitrifikation som vanlig ved pH = 7.8.

Det er derfor vanskelig at avgjøre hvordan denne nye bakterie forholder sig. Men resultatet av række 131 — C viser i ethvert fald tydelig at den nitrifikation av ammoniumsulfat som har sit optimum omkring neutralpunktet, maa være forskjellig fra den som har sit optimum ved pH = 6.5—6.6, og at disse da skyldes forskjellige bakterier er vel temmelig sandsynlig.

Prøve nr. 145.

Denne prøve er samlet 3. 9. 1924 i nærheten av Grimstad i en ekeskog, like ved jernbanelinjen ved veien til Fagervold. Der er her et litet holt eller en lund av vakker, 18—20 m. hoi ekeskog i middels aapent bestand. Den svakt skraanende skogbund har et tæt græsdække og en vegetation bestaaende av følgende arter:

Lathyrus montanus, Melampyrum pratense, Oxalis acetosella, Poa sp., Veronica chamaedrys.

Jorden er meget god. Under et ca. 1 cm. tykt lag av tort strø (væsentlig tørre græsblader) laa 15 cm. dyp, sort, sandblandet, god muldjord. Prøven blev tat av dette lag. Dens vandindhold (hygrosk. + kapill.) var 36.5 %, dens glødetap 10.69 % og dens askeindhold 52.81 %.

Jorden var for god muldjord at være paafaldende sur, idet dens aktuelle surhetsgrad svarer til pH = 4.8, — en overraskende lav værdi for denne jordtype.

Jorden indeholdt ved indsamlingen meget ammoniak, nemlig 25.27 mgr. pr. 1000 cm.³ jord, og efter 30 dogns lagring ved 25° C. var ammoniakindholdet steget helt til 53.95 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Jordens nitrifikationsevne er i ethvert fald efter forsøkene at domme meget liten. Ved indsamlingen indeholdt jorden 2.55 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord, efter 30 dogns lagring var det kun spor av NO_3, og selv efter 30 døgns lagring med tilsætning av 106 mgr. ammoniak-kvælstof viste analysene fremdeles kun spor av NO_3.

Der blev podet paa vanlig maate til oplosninger med ammoniumsulfat og natriumnitrit.

Ammoniumsulfatoplosningene gir et noget usikkert resultat. Der blev først podet med jord til række A, derefter fra denne trinvis til række B og fra denne igjen trinvis til række C. Denne sidste række blev kvalitativt analysert. Den gav kun en helt ubetydelig nitratproduktion (Diphenylamin = × eller ××) i alle trin, undtagen i trin X med kalciumkarbonat som stotpute. I dette trin var al ammoniak oxydert til nitrat, idet Nessler var 0, Griess × og Diphenylamin ×××. Der blev igjen podet trinvis fra række C til ny række D. Denne gav noiagtig samme resultat: Oxydation bare i trin X. Der blev saa podet fra D—X til ny række E—I—XII. Denne gav, som tab. nr. 39 viser, total nitrifikation (Nessler = 0) i trin VIII (pH = 7.0), IX (pH = 8.1) og X (pH = 8.2), men ikke i VII (pH = 6.7). For nærmere at undersoke denne nitrifikation ved pH = 7.0 blev der podet fra trin E—VIII til ny række F. Denne nye række gav sterk nitrifikation i trin X, nogen i VIII og svak i IX. Der blev igjen podet til ny række G fra F—X og denne gang med det eiendommelige resultat at man fik sterk nitrifikation i trin VII, VIII og IX, men svakere i X. (Se tab. nr. 40). Denne lave værdi for NO_3 i trin X kan dog bero paa en feil, idet Nessler viser 0. En ny podning fra trin G—VIII til række H gav imidlertid igjen et overraskende resultat, idet der her kun kom betydeligere nitrifikation i trin X og bare svak nitrifikation i trin VIII.

Det karakteristiske ved disse varierende resultater av podninger fra et trin er det, at podning fra trin X altid gir god nitrifikation i trin VIII (række E og G). Podning fra trin VIII med sterk nitrifikation gir derimot god nitrifikation i X, men ikke lavere (række F og H). Dette kan tydes slik at en god nitrifikation i trin VIII

Tabel 39.

145 — C Podet 21/3 1925 trinvis fra 145 — B (Geimpft am 21/3 1925 mit 145 – B)					145 — D Podet 30/7 1925 trinvis fra 145 — C (Geimpft am 30/7 1925 mit 145 — C)					145 — E Podet 17/9 1925 fra 145 — D — X (Geimpft am 17/9 1925 mit 145 — D — X)				
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 115 dager (Analyse nach 115 Tagen) Nessler	Griess	Diphenyl-amin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH. 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Nessler	Griess	Diphenyl-amin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Nessler	Griess	Diphe-nylamin
I	4.7	XXX	X	X	I	4.8	XXX	X–XX	X–XX	I	4.8	XXX	0	XX
II	5.1	XXX	0–X	X	II	5.1	XXX	0	XX	II	5.2	XXX	0	XX
III	5.5	XXX	0	X	III	5.5	XXX	0	X–XX	III	5.5	XXX	0	XX
IV	5.8	XXX	0	X	IV	5.9	XXX	0	X–XX	IV	5.9	XXX	0	XX
V	6.2	XXX	0	X	V	6.2	XXX	0	X	V	6.2	XXX	0	XX
VI	6.4	XXX	0	X–XX	VI	6.4	XXX	0	X	VI	6.4	XXX	0	XX
VII	6.7	XXX	X	XX	VII	6.7	XXX	0	X	VII	6.7	XXX	X	XX
VIII	7.0	XXX	X	XX	VIII	7.0	XXX	0	X	VIII	7.0	0–X	0	XXX
IX	8.0	XXX	X	XX	IX	8.1	XXX	X	X	IX	8.1	0	0	XXX
X	7.9	0	X	XXX	X	8.0	0	0	XXX	X	8.2	0	0	XXX
XI	8.3	XXX	X	XX	XI	8.2	XXX	X	X	XI	8.0	XXX	XXX	XXX
XII	9.4	X[1])	X–XX	XX	XII	9.4	X[1])	X	X–XX	XII	9.4	XX[1])	X	XX

[1]) Fordampning av NH_3 ved denne sterkt alkaliske reaktion.
(NH3 verdampft bei dieser stark alkalischen Reaktion.)

Tabel 40.

145 — F				145 — G				145 — H			
Podet $^{24}/_{10}$ 1925 fra 145 — E — VIII (Geimpft am $^{24}/_{10}$ 1925 mit 145 — E — VIII)				Podet $^{7}/_{12}$ 1925 fra 145 — F — X (Geimpft am $^{7}/_{12}$ 1925 mit 145 — F — X)				Podet $^{11}/_{2}$ 1926 fra 145 — G — VIII (Geimpft am $^{11}/_{2}$ 1926 mit 145 — G — VIII)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen)		Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 31 dager (Analyse nach 31 Tagen)		Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 32 dager (Analyse nach 32 Tagen)	
		Nessler	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.			Nessler	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.			Nessler	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I				I				I			
II				II				II			
III				III				III	5.6	XXX	Spor
IV				IV				IV	6.0	XXX	„
V	6.2	XXX	0.14	V	6.2	XXX	0.02	V	6.2	XXX	„
VI	6.4	XXX	0.07	VI	6.4	XXX	0.34	VI	6.4	XXX	„
VII	6.7	XXX	0.16	VII	6.6	XXX	2.00	VII	6.6	XXX	„
VIII	7.0	XXX	0.80	VIII	7.0	X	2.10	VIII	6.8	XXX	0.12
IX	7.9	XXX	0.24	IX	7.7	0	1.40	IX	7.2	XXX	0.05
X	7.8	0	2.80	X	8.2	0	0.80 (?)	X	8.0	0	1.80
XI	7.9	XX	0.08	XI	8.4	XXX	0.30	XI	7.9	XXX	0.04
XII	9.1	XX	0.08	XII	9.1	XX	0.06	XII	8.9	XXX	Spor

(pH = 7.0) skyldes en bakterie der er litet motstandsdygtig i sure opløsninger. Efter total nitrifikation i trin VIII vil væsken, tiltrods for støtputen, faa en temmelig sur reaktion, antagelig med en pH = ca. 6.0, og blir bakteriene længere tid i denne for der podes til ny række, vil de gaa tilgrunde. Podning fra slike totalt nitrificerende trin VIII har derfor ingen eller kun faa levedygtige bakterier til ny oxydation ved pH = 7.0. Anderledes derimot med trin X, kalciumkarbonat. Her vil total nitrifikation ikke bringe reaktionen saa langt ned, og her kan derfor den ved pH = 7.0 nitrificerende bakterie leve over, og podning fra trin X vil derfor, foruten den vanlige bakterie med optimum pH = ca. 7.8, ogsaa indeholde de ved 7.0 arbeidende ammoniakoxyderende bakterier og derfor gi oxydation baade i trin VIII, IX og X. Forelobig er dette den eneste mulige forklaring til disse forsøk, hvis analyseresultater er sammenstillet i tab. nr. 39 og nr. 40.

Podning til n i t r i t serier gav for denne prove intet væsentlig nyt. Der blev podet med jord til række N, fra denne trinvis til række O og fra denne igjen paa samme maate til række P. I denne viste kvalitativ analyse Griess-reaktionen 0 i trin VIII, IX og X, eller ved pH-værdier = 7.1—8.1.

Tabel 41.

145 — P Podet 21/3 1925 trinvis fra 145 — O (Geimpft am 21/3 1925 mit 145 — O)			145 — R Podet 3/8 1925 fra 145 — P — IX (Geimpft am 3/8 1925 mit 145 — P — IX)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 114 dager (Analyse nach 114 Tagen) Griess	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX	I	5.3	XXX	0.14
II	5.5	XXX	II	5.6	XXX	0.14
III	5.6	XXX	III	5.7	XXX	0.12
IV	6.0	XXX	IV	6.0	XXX	0.12
V	6.2	XXX	V	6.2	XXX	0.12
VI	6.4	XXX	VI	6.5	XXX	0.10
VII	6.7	XXX	VII	6.7	XXX	0.10
VIII	7.1	0	VIII	7.2	XX	4.00
IX	8.1	0	IX	8.2	XXX	4.00
X	8.0	0	X	8.1	XXX	4.00
XI	$\leqslant 9.4$	XXX	XI	> 9.4	XXX	0.10
XII	> 9.4	XXX	XII	> 9.4	XXX	0.12

Der blev podet til ny række R fra trin P—IX, og resultatene av den kvantitative analyse av denne række er sammenstillet i tab. nr. 41. Som det sees av denne er der sterk nitrifikation i trinnene VIII—X, altsaa ved pH-værdier = 7.2—8.2 Derimot er der merkelig nok ingen nitrifikation i trin VII med pH = 6.7. Da alle kolber er podet noiagtig likt, med 2 cm.^{3} av P—IX, kan dette vanskelig bero paa en tilfældighet. Det er mulig at vi her i trin VIII ikke har at gjore med den vanlige nitritoxyderende bakterie, med optimum pH = 6.8—7.2, men at den anden nitritoxyderende bakterie, som i ethvert fald virker ved pH-værdier mellem 8 og 9, ogsaa naar ned til pH = ca. 7.0, og at det er denne som har bevirket oxydationen i R—VIII.

Prøve nr. 146.

Proven er samlet 3. 9. 1924 ved Grimstad i den samme ekeskog som forrige prøve (nr. 145) og bare ca. 50 m. fra denne.

Ekeskogen har her en noget anden karakter idet den er indblandet asp, rogn og enkelte gamle furutrær. Bunddækket er et helt andet, idet det bestaar næsten utelukkende av blaabærlyng spredt iblandet nogen faa andre arter.

Vegetationslisten er: *Festuca rubra, Luzula pilosa, Potentilla tormentilla,* ***Vaccinium Myrtillus,*** *Vaccinium vitis idaea.*

Jordprofilet viser følgende:

A. 2 cm. strødække av ekeblader, græs og andre planterester.

B. 10 cm. sort blaabærhumus som dog ikke helt har den vanlige raahumuskarakter, men er av mere muldagtig art.

C. Mere muldagtig jord, i jevn overgang fra B til C.

Prøven er tat av lag B, men den er dog noget tilblandet overgangsjord mot C.

Prøvens vandindhold (kapill. + hygrosk.) er 71.95 %, dens glødetap 8.95 % og dens askeindhold 19.1 %. Dens reaktion er meget sur, idet den aktuelle pH er 4.26.

Likesom den foregaaende prøve indeholder den meget ammoniak. Ved indsamlingen var der 10.54 og efter 30 døgns lagring 17.74 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.^{3} jord.

Nitrifikationsevnen er efter analysene at dømme meget liten. Ved indsamlingen indeholder jorden bare 3.35 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Efter 30 døgns lagring er der bare spor av NO_3 i jorden, og som man kan vente har heller ikke tilsætning av 106 mgr. ammonium-kvælstof før lagring git andet end svake spor av NO_3.

Der blev podet med jord til ammoniumsulfatopløsning i række A, fra denne trinvis til række B og paa samme maate videre til række C og D. Av disse var rækkene A og B for sterkt farvet til at de vanlige kvalitative analyser (Nessler, Griess og Diphenylamin) kunde utføres. Først i rækkene C og D var opløsningens farve saa svak at disse analyser var mulig. Det gav i begge rækker helt negativt resultat, d. v. s. Nessler = ××, Griess og Diphenylamin = 0, i alle trin med pH-værdier fra 4.8—9.6, og det var altsaa med denne jordprøve som podningsmateriale overhodet ikke mulig at faa nitrifikation istand i ammoniumsulfatopløsninger, selv ikke i trin X med kalciumkarbonat, som ellers ikke pleier svigte.

Podning til nitritopløsninger gav derimot positive resultater. Der blev podet med jord til række N, fra denne trinvis til række O og paa samme maate videre til række P. Denne række viste en nitrifikation som var helt begrænset til trinnene VII og VIII. Der blev saa podet fra trin P—VIII til ny række R, og resultatet var nitrifikation i trinnene VIII—XI med pH-værdier 7.0—8.2, men paafaldende nok ikke i trin VII med pH = 6.8. Podning videre fra R—XI til ny række S gav i denne nitrifikation i trinnene VIII, X og XI. Naar trin IX her svigter, kommer det sandsynligvis av at dets reaktion denne gang ligger noget høiere, idet pH er 8.4. Heller ikke

Tabel 42.

146 — P		Podet 5/5 1925 trinvis fra 146 — O (Geimpft am 5/5 1925 mit 146 — O)		146 — R		Podet 5/9 1925 fra 146—P—VIII (Geimpft am 5/9 1925 mit 146 — P VIII)		146 — S		Podet 3/11 1925 fra 146—R—XI (Geimpft am 3/11 1925 mit 146 — R XI)		146 — T		Podet 21/12 1925 fra 146—S—VIII (Geimpft am 21/12 1925 mit 146—S—VIII)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 76 dager (Analyse nach 76 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 32 dager (Analyse nach 32 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX	0.26												
II	5.5	XXX	0.23												
III	5.7	XXX	0.25												
IV	6.0	XXX	0.16												
V	6.2	XXX	0.14	V	6.2	XXX	0.16	V	6.2	XXX	0.12	V	6.2	XXX	0.13
VI	6.4	XXX	0.12	VI	6.4	XXX	0.20	VI	6.4	XXX	0.14	VI	6.4	XXX	0.26
VII	6.7	0	2.48	VII	6.8	XXX	0.30	VII	6.7	XXX	0.24	VII	6.7	0	4.50
VIII	7.0	0	2.63	VIII	7.0	0	6.00	VIII	7.0	0	6.25	VIII	7.0	0	4.75
IX	8.2	XXX	0.11	IX	8.2	XXX	4.00	IX	8.4	XXX	0.48	IX	8.1	0	4.25
X	8.0	XXX	0.08	X	8.0	0	5.00	X	8.2	X	6.00	X	8.2	X	4.50
XI	8.3	XXX	0.12	XI	8.1	XXX	5.00	XI	8.3	XXX	3.20	XI	8.3	XXX	2.40
XII	9.4	XXX	0.14	XII	9.6	XXX	0.23	XII	9.6	XXX	0.11	XII	9.2	XXX	0.10

i række S er der nitrifikation i trin VII med pH = 6.7. Fortsat podning fra S—VIII til ny række T gav nitrifikation i trinnene VII—XI med pH = 6.7—8.3, men derimot ikke i trin XII med pH = 9.2. Tab. nr. 42 viser analyseresultatene for disse rækker.

Prøve nr. 147.

Prøven er samlet 3. 9. 1924 i ekeskog ved Grimstad og bare ca. 150 m.s avstand fra forrige prøve (nr. 146). Ekeskogen er her iblandet noget rogn og hassel, og bunddækket er et noget andet end ved de forrige prøver.

Prøven blev tat under hasselbuske, hvor bundvegetationen, som ikke var meget tæt, hadde følgende sammensætning:

Anemone Hepatica, Lathyrus montanus, Oxalis acetosella, Vaccinium Myrtillus (meget sparsomt), *Veronica chamaedrys, Viola Riviniana.*

Strødække mangler helt (rask formuldning), og de øverste 15 cm. av jordprofilet viser en rødbrunt farvet, grynet og god muldjord.

Jordprøvens vandindhold (kapill. + hygroskopisk) er 35.32 %, dens glødetap 9.83 % og askeindhold 54.85 %. Den er betydelig mindre sur end de to ovenfor nævnte ekeskogjordprøver, idet dens aktuelle pH er 5.71.

Ved indsamlingen indeholdt jorden 8.32 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord og efter 30 døgns lagring praktisk talt samme mængde, nemlig 8.16 mgr.

Indholdet av salpetersyre var ved indsamlingen 4.05 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord og efter 30 døgns lagring 31.4 mgr. 30 døgns lagring efter tilsætning av 106 mgr. ammoniakkvælstof gav et salpetersyreindhold av 49.7 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Der blev paa vanlig maate podet med jord til ammoniumsulfatopløsninger i række A. Paa grund av sterk farve blev her ikke foretat analyse, men efter 86 dage podet trinvis til ny række B. Denne række blev analysert kvalitativt efter 60 dage og viste da total nitrifikation av ammoniumsulfat i trin X (kalciumkarbonat), mens sterk farve fremdeles vanskeliggjorde analyse av trinnene VIII—IX og XI—XII. De lavere trin I—VII viste ingen eller helt ubetydelig Diphenylaminreaktion. Fra række B blev podet trinvis til ny serie C. Denne viste efter 37 dage god nitrifikation i trin X og desuten nitrifikation i trin V, hvis pH derved sank fra 6.3 til 5.7. De øvrige trin viste ingen nitrifikation. For om mulig at faa denne nitrifikation i trin V nærmere undersøkt, blev der fra C—V podet til ny serie D, men forsaavidt med negativt resultat som der i denne serie kun kom nitrifikation av nogen betydning i trin VIII (pH = 6.8). Fortsatte kulturer fra denne række gav intet resultat, og det er derfor ikke mulig at uttale noget med sikkerhet om den i trin C—V iagttagne nitrifikation.

Tabel 43

147 — O Podet $^{20}/_{2}$ 1925 trinvis fra 147 — N (Geimpft am $^{20}{}_{2}$ 1925 mit 147 N)			147 — P Podet $^{25}/_{7}$ 1925 trinvis fra 147 — O (Geimpft am $^{25.}{}_{7}$ 1925 mit 147 O)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 61 dager (Analyse nach 61 Tagen) Griess	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX	I	5.2	XXX	0.21
II	5,4	XXX	II	5.5	XXX	0.14
III	5.6	XXX	III	5.6	XXX	0.13
IV	6.0	XXX	IV	5.9	XXX	0.10
V	6.2	XXX	V	6.2	XXX	0.12
VI	6.4	XXX	VI	6.4	XXX	0.13
VII	6.7	X	VII	6.6	0—X	5.52
VIII	7.1	0	VIII	7.0	0	6.00
IX	8.0	0	IX	7.9	X—XX	5.00
X	8.0	0	X	8.0	0	5.00
XI	9.1	XXX	XI	9.0	XXX	0.04
XII	⩽ 9.4	XXX	XII	⩽ 9.4	XXX	0.08

Podning til nitritopløsninger fandt sted i række N og fra denne trinvis til række O og videre til række P. I denne sidste række var der efter 30 dage total nitrifikation i trinnene VII—X med pH-værdier = 6.6—8.0, men ingen i de andre trin. Tab. nr. 43 gir analyseresultatene for denne række, som er et typisk billede av den nitritoxydation som jevnlig opnaaes efter 2 à 3 trinvise podninger i nitritrækker.

4. Naaleskog-jord.

A. Granskog.

Av granskogjord har vi i dette arbeide kun undersøkt en prøve — nr. 141.

Prøve nr. 141.

Denne er samlet 28. 8. 1924 i Strinda i Trøndelagen. Den er tat i granskog paa flaten under Okstadterassen, der hvor veien til Fossestuen tar av fra veien til Okstad.

Tabel 44.

141 — C Podet 20/7 1925 trinvis fra 141 — B
(Geimpft am 20/7 1925 mit 141 — B)

Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 36 dager (Analyse nach 36 Tagen)			
		Nessler	Griess	Diphenylamin	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.0	XXX	0	0—X	0.00
II	5.2	XXX	0	0—X	0.00
III	5.5	XXX	0	0—X	0.00
IV	5.9	XXX	0	0—X	0.00
V	6.1	XXX	0	0—X	0.00
VI	6.4	XXX	0	0—X	0.00
VII	6.7	XXX	0—X	XX	0.06
VIII	7.0	XXX	0—X	XXX	0.48
IX	8.0	X	0	XXX	2.00
X	8.0	0	X—XX	XXX	1.80
XI	8.3	XXX	X	XXX	0.24
XII	≧ 9.4	X—XX	XX	X—XX	0.00

Skogen er ren, middelsgammel granskog med et tæt bunddække, væsentlig bestaaende av *Oxalis acetosella,* sparsomt indsprængt med *Luzula pilosa* og *Festuca ovina.* Mellem Oxalis-koloniene forekom *Hylocomium* og *Polytrichum,* særlig sidstnævnte i tætte matter.

Under det mere eller mindre tætte mosdække fandtes følgende jordprofil:

A. 3—5 cm. raahumus av mos, grannaaler og kongler.

B. 15 cm. sandjord som i øverste 2—4 cm. er sortbrun og derunder graabrun av farve.

Prøven som er tat av lag B, hadde et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 32.95 %, et glødetap av 9.01 % og askeindhold 58.04 %.

Jorden er sterkt sur og dens aktuelle pH er 4.54.

Ved indsamlingen indeholdt prøven 3.44 mgr. NH_3 og efter 30 døgns lagring 10.19 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord. Dens indhold av salpetersyre var ved indsamlingen meget hoit, nemlig 47.6 mgr. og efter 30 døgns alm. lagring 119.5 mgr. pr. 1000 cm.³ jord. Tilsætning av 106 mgr. ammonium-kvælstof synes her merkelig nok at ha nedsat nitrifikationen, idet prøven 30 døgn efter denne tilsætning kun indeholder 66.05 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord (se nærmere herom s. 163).

Tabel 45.

141 — P: Podet 20/7 1925 trinvis fra 141 — O (Geimpft am 20/7 1925 mit 141 — O)			141 — R: Podet 10/9 1925 fra 141 — P — X (Geimpft am 10/9 1925 mit 141 — P — X)			141 — S: Podet 5/11 1925 fra 141 — R — XI (Geimpft am 5/11 1925 mit 141 — R — XI)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Griess	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	5.6	XXX	I			I			
II	5.6	XXX	II			II			
III	5.7	XXX	III			III			
IV	6.0	XXX	IV			IV			
V	6.1	XXX	V	6.1	XXX	V	6.2	XXX	0.20
VI	6.4	XXX	VI	6.4	XXX	VI	6.4	XXX	0.56
VII	6.5	X—XX	VII	6.7	0	VII	6.7	0	6.00
VIII	6.8	0	VIII	7.1	0	VIII	7.0	0	6.00
IX	7.5	0	IX	8.2	0—X	IX	8.3	0	6.25
X	8.0	0	X	8.2	X	X	8.2	0	6.00
XI	9.0	XXX	XI	8.4	0—X	XI	8.3	0	6.25
XII	≷9.4	XXX	XII	≷9.6	XXX	XII	9.2	XXX	0.32

Paa vanlig maate blev podet med jord til ammoniumsulfatopløsning i række A og fra denne trinvis til række B og videre til række C. I alle disse rækker kom der kun nitrifikation i de svakt alkaliske trin med pH mellem 7 og 8, og denne jordprove indeholdt derfor overveiende eller utelukkende den vanlige ammoniakoxyderende bakterie med pH-optimum = 7.7—7.9. Tab. nr. 44 viser resultatene av den kvantitative analyse av række C.

Podningen med jord til nitritrækken N blev paa grund av opløsningenes sterke farve ikke analysert. Der blev podet trinvis til ny række O og fra denne til række P. Her blev der fundet total oxydation av nitritene i trinnene VIII—X, altsaa ved pH-værdier = 6.8—8.0, men ikke i trin XI med pH = 9.0 og ikke i trin VII med pH = 6.5. Der blev overført fra P—X til ny række R. I denne blev der fundet nitrifikation fra og med trin VII, som her har en pH = 6.7, og til og med trin XI med pH = 8.4. For at prove hvor hoit pH-grænsen for nitrifikation ligger, blev der podet fra R—XI til ny række S med det i tab. nr. 45 givne resultat. Som det sees av denne er nitrifikationens grænse nedad antagelig pH = 6.4 og opad et sted mellem pH = 8.3 og 9.2, antagelig nærmere denne sidste værdi.

Tabel 46.

123 — J	Podet 21/8 1922 fra 123 — H — IV (Geimpft am 21/8 1922 mit 123 — H — IV)			123 — K	Podet 21/8 1922 med 123 — H — VI (Geimpft am 21/8 1922 mit 123 — H — VI)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 57 dager (Analyse nach 57 Tagen) PH	Analyse efter 57 dager (Analyse nach 57 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 57 dager (Analyse nach 57 Tagen) PH	Analyse efter 57 dager (Analyse nach 57 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.7	5.7	0.00	I	5.6	5.6	0.00
II	5.9	5.9	0.00	II	5.9	5.9	0.00
III	6.0	6.0	< 0.01	III	6.0	6.0	0.00
IV	6.1	6.0	0.20	IV	6.1	6.1	0.00
V	6.3	5.8	0.98	V	6.3	6.2	0.00
VI	6.5	6.0[1])	1.56	VI	6.5	6.5	0.05
VII	6.8	6.7	0.16	VII	6.8	6.7	0.09
VIII	7.0	6.9	0.05	VIII	7.0	6.8	0.19
IX	7.2	7.2	0.00	IX	7.2	7.0	0.30
X[2])	7.6	7.4	0.00	X[2])	7.6	7.4	0.06

[1]) Nicht 5.5 wie in unserer Arbeit (1923) S. 22 angeführt.

[2]) In diesen zwei Reihen J und K sind sämtliche Stufen mit Phosphatlösungen gebuffert und zwar enthält Stufe X nur sekundäres Na-Phosphat.

B. Furuskog.

Prøver av furuskogjord er undersøkt i et antal av 7.

Prøve nr. 123.

Denne prøve er omtalt i vort tidligere arbeide (1923), men maa for oversigtens skyld ogsaa her nævnes ganske kort.

Den er samlet 20. 4. 1922 i aapen furuskog i nærheten av Lysekloster i Os pr. Bergen. Lokaliteten er en nordvendt sterk heldning med et vekslende tykt jordlag over skiferfjeld. Vegetationen hadde følgende sammensætning:

Alnus incana (spredt), *Alchemilla vulgaris, Anemone nemorosa, Carex sp., Festuca rubra, Galium palustre, Juniperus communis, Pinus silvestris, Poa sp., Potentilla erecta, Vaccinium Myrtillus, Vaccinium vitis idaea.*

Den gode, sterkt græsklædte jord viste følgende profil:

A. 2 cm. tæt rotfilt.

B. 7 cm. tæt, sort muldjord.

C. 18 cm. lys, sandblandet jord.

Prøven som overveiende er tat av lag B, har et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 32.15 %, et glødetap av 8.4 % og askeindhold 59.45 %. Provens aktuelle pH er 6.2.

Der blev paa vanlig maate podet med jord til ammoniumsulfat i række A og fra denne efter 18 dage podet trinvis til ny række B. I denne række gik oxydation relativt langsomt, og der er efter 42 dager dannet overveiende salpetersyrling. Der blev podet trinvis til ny række H, og fra denne rækkes sure trin IV med pH = 6.2 blev der podet til ny række J, og fra dens trin VI med pH = 6.5 til ny række K. Tab. nr. 46 viser analyseresultatene for disse to rækker. Som vi har fremholdt i vort tidligere arbeide (1923, s. 21—22), har vi her i rækken 123 — J praktisk talt en »ren« raakultur av en bakterie, som nitrificerer i sur opløsning og synes at ha et oxydationsoptimum ved pH = 6.5, en nedre grænse ved pH = 6.0 og en øvre grænse ved pH = 7.0. I trin X, med pH = 7.6, har denne bakterie overhodet ikke været virksom.

I række K er oxydationen ikke meget sterk, og en helt sikker tydning av resultatene er for denne rækkes vedkommende ikke mulig. Den svake oxydation, som tabellen viser, tyder paa en bakterie med et reaktionsoptimum ved pH = 7.2, men det har ikke været mulig at føre denne bakteriekultur videre.

Prøve nr. 132.

Denne prøve er samlet 1. 8. 1923 i aapen furuskog ved Lysekloster i Os pr. Bergen, og tat ikke langt fra prøve nr. 123. Skogbunden er her sterkt græsbevokset, men paa grund av ganske nylig avbeitning kan de forskjellige græs- og *Carex*-arter ikke med sikkerhet bestemmes. Vegetationen forovrig bestod av *Galium uliginosum, Juniperus communis* og *Potentilla tormentilla.*

Jordprofilet viste 30 cm. god muldjord, som øverst er sort, længere ned av mere rødbrun farve og sandholdig. Prøven, som er tat væsentlig av det øvre, sorte, helt muldagtige lag, har et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 45.89 %, et glødetap av 11.60 % og askeindhold 42.51 %. Jorden indeholdt ved indsamlingen 10.6 mgr. NO_3 og efter 30 dogns lagring 128.1 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Ammoniakbestemmelse blev ikke foretat.

Der blev podet til ammoniumsulfatopløsning i række A og fra denne trinvis til række B og paa samme maate videre til række C. Resultatene for disse sidste to rækker er opført i tab. nr. 47. B-rækken viser kun nitrifikation i trin X med

Tabel 47.

132 — B Podet 5/10 1923 trinvis fra 132 — A (Geimpft am 5/10 1923 mit 132 — A)					132 — C Podet 12/1 1924 trinvis fra 132 — B (Geimpft am 12/1 1924 mit 132 — B)			
		Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen)					Analyse efter 46 dager (Analyse nach 46 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	Diphenyl-amin	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Nessler	Diphenyl-amin
I	4.6	XXX	0—X	0.05	I	4.4	XXX	X
II	5.3	XXX	0—X	0.05	II	5.2	XXX	X
III	5.5	XXX	0—X	0.05	III	5.6	XXX	0—X
IV	5.8	XXX	X	0.05	IV	6.0	XXX	0—X
V	6.2	XXX	0—X	0.05	V	6.2	XXX	XXX
VI	6.4	XXX	0—X	0.05	VI	6.5	XXX	0—X
VII	6.7	XXX	X—XX	0.05	VII	6.8	XXX	0—X
VIII	7.2	XXX	XX	0.06	VIII	7.2	XXX	0—X
IX	7.9	XXX	XX	0.08	IX	7.7	XXX	X
X	8.2	0	XXX	3.26	X	7.8	0	XXX

kalciumkarbonat, og det samme gjælder praktisk talt ogsaa for C-rækken. Der er dog her en begyndende nitrifikation i trin V med pH = 6.2, men forsøk med podning til ny række D fra trin C—V gav ingen nitrifikation i den nye række.

Prøve nr. 135.

Denne prøve er tat 12. 8. 1923 i en litet veksterlig blandingsskog av furu og bjerk paa typisk mjelejord mellem Kløften st. og gaarden n. Ihle paa Romerike.

Bunddækkets vegetation var artsfattig og bestod av følgende arter: *Calluna vulgaris,* ***Vaccinium Myrtillus,*** *Vaccinium vitis idaea* samt meget spredt *Hypnum sp.* og *Sphagnum sp.* Under denne vegetation hvor *Vaccinium Myrtillus* er dominerende fandtes følgende jordprofil:

A. 10 cm. raahumus av lyngrøtter og bladrester.
B. 2—5 cm. sortfarvet mjelejord.
C. 15 cm. lys, typisk mjele.

Prøve nr. 135 blev tat av A-laget, og den nedenfor behandlede prøve nr. 136 av B- + C-laget.

Prøve nr. 135 hadde et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 60.46 %, glødetapet var 34.70 % og askeindholdet 4.84 %.

Jorden er meget sur, idet dens aktuelle pH er 4.3. Ved indsamlingen indeholdt den kun 0.578 mgr. og efter 30 døgns lagring 2.127 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord. Den viste ingen jordnitrifikation, idet der ikke fandtes NO_3 i jorden hverken ved indsamlingen eller efter lagring i 30 døgn. Heller ikke efter tilsætning av 106 mgr. ammonium-kvælstof og lagring i 30 døgn fandtes spor av NO_3.

I overensstemmelse hermed er ogsaa nitrifikationsforsøkene i væsker: Hverken podning til ammoniumsulfat- eller nitritoplosninger gav de mindste spor av oxydation, og denne jordprøve mangler derfor enhver nitrifikationsevne.

Prøve nr. 136.

Denne prøve er, som ovenfor nævnt, samlet under den foregaaende raahumusprøve og bestaar av typisk mjelejord, som kun i de overste lag er noget sortfarvet av humustilblanding ovenfra. Den har et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 33.05 %, et glødetap av 5.39 % og et askeindhold av 61.56 %. Den er betydelig mindre sur end raahumusen ovenfor, idet dens pH er 5.1. Dens indhold av NH_3 er ved indsamlingen 1.64 mgr. og efter 30 døgns lagring 3.34 mgr. pr. 1000 cm.³ jord.

Prøven har ingen jordnitrifikationsevne, idet den ikke indeholder NO_3 hverken ved indsamlingen, efter 30 døgns lagring eller efter vanlig tilsætning av ammoniumsalt. I saa henseende adskiller altsaa denne mjelejord sig ikke væsentlig fra den overliggende raahumus.

Derimot har forsøkene med væskenitrifikation et andet forlop. Podningen til ammoniumsulfatopløsninger gav nemlig rask og god oxydation i trin X med kalciumkarbonat som støtpute og pH = 8.1 og desuten i trin XI med pH = 8.2, men der kom ikke oxydation i trin IX med rent sek. natriumfosfat som støtpute og pH = 7.85. Dette forhold, som er iagttat ved saa mange andre prøver, skal vi her ikke komme nærmere ind paa, men bare nøie os med at konstatere at jorden indeholdt en ammoniakoxyderende bakterie, virksom i kalciumkarbonatoplosning. I sure opløsninger kom ingen nitrifikation.

Podningen til nitritoplosninger viste at disse oxyderes hurtig. Der blev paa vanlig maate podet med jord til nitritoplosninger i række N og fra denne podet trinvis til række O og paa samme maate videre til række P. Saavel i række O som P blev det disponible nitrit totaloxydert i trinnene VIII—XI, som her repræsenterer pH-værdier fra 7.2—9.2. Derimot var der ikke i nogen av disse rækker mere end spor av oxydation i trin VII med pH = 6.8. Der blev nu podet videre fra række P til 3 nye rækker R, S og T paa følgende maate:

P — VIII blev podet til ny række R
P — IX —»— T
P — XI —»— S

Paa denne maate blev de nye rækker podet fra trin med stigende pH i rækkefølgen R—T—S. Som tab. nr. 48 viser, har denne podning git meget paafaldende resultater. Række R, som er podet fra P — VIII med en pH = 7.3, viser total nitrifikation kun i trin VIII med pH = 7.1 og nogen nitrifikation i trin VII med pH = 6.7, men i alle andre trin er der ikke spor av nitrifikation. Række T derimot, som er podet fra den mere alkaliske P — IX med pH = 8.0, gir total nitrifikation i hele 4 trin, nemlig VIII, IX, X og XI med pH-værdier fra 7.1—8.6, men ikke spor av nitrifikation i trin XII med pH = 9.3. Og række S endelig, som er podet fra det sterkt alkaliske trin P — XI med pH = 9.2, viser total nitrifikation ogsaa i trin XII med pH = 9.3 og dermed i 6 trin med pH-værdier fra 6.7—9.3.

Denne forskyvning av nitrifikationsmuligheten opover i pH-skalaen, eftersom man poder fra mere og mere alkaliske væsker, kan tydes paa to maater. Enten er der en række nitrifikationsbakterier, som hver har sit meget begrænsede pH-optimum, eller der er kun én bakterie, som meget hurtig modificeres under reaktionens indvirken. En sikker avgjørelse herav kan kun træffes ved hjælp av absolutte renkulturer. Imidlertid blev der med denne jordprøves raakulturer foretat en række forsøk med podninger fra trin med forskjellig pH. Som forsøk med raakulturer vil de selvfølgelig gi noget varierende resultater, og det er derfor ikke nogen grund til at tillægge dem saa meget vegt at de anføres i sin helhet. Nogen skal dog nævnes. Der blev saaledes forsøkt med gjentagne podninger fra trin VII og VIII. Fra R — VII blev podet til ny række U og fra U — VII til ny række Ø. Fra Ø — VIII blev podet videre til række NS og fra NS — VIII til ny række NT. Resultatene av disse forsøk er opført i tab. nr. 49. Som det sees av tabellen, fører gjentagne ganges podning fra trinnene VII og VIII til rækker som kun har nitrifikation i et eneste trin, nemlig trin VIII med pH = 7.1—7.2 (136 — Ø og — NS). Da alle kolber inden hver av disse to rækker er podet nøiagtig paa samme maate, hver kolbe med 2 cm.³ av en og samme kulturkolbe (VII eller VIII), er det vanskelig at tyde disse rækker anderledes end at man her har en bakterie, som er i den grad avhængig av væskens reaktion at den kun virker ved en pH = ca. 7.2. I vort tidligere arbeide (1921-b) har vi fundet at en bakterie ogsaa kan virke ved pH = 6.7 og ment, at det i det hele kun var en bakterie, hvis pH-optimum var fra 6.7—7.2. Da vi i to av tabellens rækker (136 — U og — NT) ogsaa finder total nitrifikation ved pH = 6.6—6.7, er det mulig at dette er

Tabel 48.

136 — P		Podet 17/2 1923 trinvis fra 136 — O (Geimpft am 17/2 1923 mit 136 — O)		136 — R		Podet 12/4 1924 fra 136 — P — VIII (Geimpft am 12/4 1924 mit 136 - P — VIII)		136 — T		Podet 12/4 1924 fra 136 — P — IX (Geimpft am 12/4 1924 mit 136 — P — IX)		136 — S		Podet 12/4 1924 fra 136 — P — XI (Geimpft am 12/4 1924 mit 136 — P XI)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 28 dager (Analyse nach 28 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
V	6.2	XXX	0.10	V	6.2	XXX	0.11	V	6.2	XXX	0.12	V	6.2	XXX	0.11
VI	6.5	XXX	0.14	VI	6.4	XXX	0.13	VI	6.4	XXX	0.11	VI	6.4	XXX	0.09
VII	6.8	XXX	0.42	VII	6.7	XXX	1.40	VII	6.7	XXX	2.14	VII	6.7	0	5.10
VIII	7.3	0	6.56	VIII	7.1	0	5.60	VIII	7.1	0	4.42	VIII	7.1	0	4.90
IX	8.0	0	6.32	IX	8.0	XXX	0.12	IX	8.0	0	4.80	IX	8.0	0	5.00
X	7.6	0	5.79	X	7.7	XXX	0.27	X	7.7	0	4.80	X	7.7	0	5.60
XI	9.2	0	5.96	XI	8.8	XXX	0.12	XI	8.6	0	4.52	XI	8.7	0	4.90
XII	10.0	XXX	0.08	XII	9.4	XXX	0.10	XII	9.3	XXX	0.12	XII	9.3	0	4.80

Tabel 49.

136 — U	Podet 16/6 1924 fra 136 — R — VII (Geimpft am 16/6 1924 mit 136 — R — VII)			136 — Ø	Podet 5/2 1925 fra 136 — U — VII (Geimpft am 5/2 1925 mit 136 — U — VII)			136 — NS	Podet 4/8 1925 fra 136 — Ø — VIII (Geimpft am 4/8 1925 mit 136 — Ø — VIII)			136 — NT	Podet 29/9 1925 fra 136 — NS — VIII (Geimpft am 29/9 1925 mit 136 — NS — VIII)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 50 dager (Analyse nach 50 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 37 dager (Analyse nach 37 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 36 dager (Analyse nach 36 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 Stickstoff) Mgr.
I	—	—	—	I	5.5	XXX	0.24	I	—	—	—	I	5.3	XXX	0.18
II	—	—	—	II	5.6	XXX	0.17	II	—	—	—	II	5.5	XXX	0.15
III	—	—	—	III	5.8	XXX	0.14	III	—	—	—	III	5.6	XXX	0.12
IV	—	—	—	IV	6.0	XXX	0.13	IV	—	—	—	IV	5.9	XXX	0.10
V	6.1	XXX	0.18	V	6.2	XXX	0.14	V	6.2	XXX	0.12	V	6.2	XXX	0.06
VI	6.4	XXX	0.17	VI	6.6	XXX	0.09	VI	6.5	XXX	0.09	VI	6.5	XXX	0.10
VII	6.6	0	5.45	VII	6.7	XXX	0.08	VII	6.7	XXX	0.11	VII	6.7	0—X	6.00
VIII	7.1	0	5.24	VIII	7.1	0	5.38	VIII	7.2	0	4.83	VIII	7.0	0	6.25
IX	8.2	XXX	0.17	IX	7.9	XXX	0.06	IX	8.0	XXX	0.09	IX	8.3	XXX	0.14
X	8.2	XXX	2.09	X	7.6	XXX	0.07	X	7.9	XXX	0.11	X	8.4	XXX	0.45
XI	8.6	XXX	0.15	XI	8.7	XXX	0.09	XI	9.3	XXX	0.11	XI	8.3	XXX	1.66
XII	9.4	XXX	0.16	XII	> 9.4	XXX	0.09	XII	⩾ 9.6	XXX	0.11	XII	⩾ 9.6	XXX	0.10

Tabel 50.

136 — OP Podet 22/10 1925 fra 136 — NR — XI (Geimpft am 22/10 1925 mit 136 — NR — XI)				136—OT Podet 7/12 1925 fra 136—OP—IX (Geimpft am 7/12 1925 mit 136—OP—IX)				136—OU Podet 12/2 1926 fra 136—OT—VIII (Geimpft am 12/2 1926 mit 136—OT—VIII)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
III				III	5.7	XXX	0.17	III	6.0	XXX	0.10
IV				IV	6.0	XXX	0.17	IV	6.0	XXX	0.12
V	6.2	XXX	0.18	V	6.2	XXX	0.16	V	6.2	X	5.25
VI	6.4	XXX	1.40	VI	6.4	XXX	0.17	VI	6.4	0	5.00
VII	6.7	X	6.25	VII	6.7	XXX	0.26	VII	6.7	0	5.25
VIII	7.0	0	6.25	VIII	7.0	0	5.00	VIII	7.0	0	5.25
IX	8.4	XX	5.25	IX	8.2	XXX	0.13	IX	8.2	0	5.00
X	8.2	X	5.25	X	8.4	XXX	0.12	X	8.2	XXX	2.50
XI	8.2	XXX	0.80	XI	8.2	XXX	0.13	XI	8.1	XXX	4.25
XII	9.6	XXX	0.18	XII	9.6	XXX	0.12	XII	9.2	XXX	2.21

samme bakterie, og at dens nedre grænse ligger saa nær disse værdier at man snart faar oxydation, snart ikke. Dette forhold vil bli nærmere behandlet senere.

Den i 2 av tabellens rækker fundne nitrifikation ved pH = 8.2—8.3 skyldes utvilsomt en anden bakterie, som er tilstede som en svak forurensning av den ovennævnte.

Det er ikke altid at resultatene av disse podningsforsok er saa klare som ovenstaaende. I den store række forsok, som er foretat med kulturer av denne jordprøve, er det mange som bærer det sterkeste præg av at man opererer med blandingskulturer og derfor gir adskillig varierende resultater. I en række av kulturer, som hadde utgangspunkt fra trin S — XI, optraadte der ved gjentagne overforinger fra trin VI med pH = 6.2 en sterk nitrifikation i trin med pH-værdier = 6.4—6.5 og i enkelte rækker ogsaa totalnitrifikation ved pH = 6.2. Her skal bare anføres 3 rækker OP, OT og OU, hvis analyseresultater er opført i tab. nr. 50.

Som man ser har her podning fra trin 136 — OP — IX med nitrifikation ved pH = 8.4 i den nye række 136 — OT git oxydation bare i et eneste trin VIII med pH = 7.0, og ikke i et eneste av rækkens andre trin, tiltrods for at de alle er podet med nøiagtig samme væskemængde. Man kunde være fristet til at tro at man her har

en renkultur av en bakterie, som virker ved neutral reaktion. Men podning fra 136 — OT — VIII til ny række 136 — OU gir saa det overraskende resultat, at man her faar oxydation i alle trin fra og med V til og med XII og altsaa ved pH-værdier fra 6.2 til 9.2. Det hele kan kun forstaaes naar man tar i betragtning at man arbeider med raakulturer, som indeholder flere bakterier med forskjellige krav til reaktionen, og at disse raakulturer har en mere tilfældig og varierende sammensætning av arter.

Prøve nr. 142.

Proven er samlet 2. 9. 1924 ved Tveitsund i Treungen og er tat i furuskog paa storstenet morænerest langs østre dalside. I furuskogen staar der her mere lokalt noget gran, og forøvrig har vegetationen følgende sammensætning: *Festuca ovina, Hypocharis maculata, Lathyrus montanus, Hieracium sp., Goodyera repens, Oxalis acetocella, Sorbus Aucuparia, Pteridium aquilinum, Veronica officinalis, Viola Riviniana, Hylocomium sp.*

Jordprofilet viste:

A. 5—8 cm. mosdække (mest levende).
B. 10 cm. morkegraa sandjord som er noget muldblandet.
C. Grovere sand og grus.

Proven som blev tat av B-laget hadde et vandindhold (kapill. — hygrosk.) av 28.1 %, et glødetap av 7.6 % og askeindhold 64.3 %.

Jordens reaktion er utpræget sur, idet dens aktuelle pH er 5.3.

Jordens ammoniakproduktion er ganske kraftig. Dens indhold av NH_3 er ved indsamlingen 6.0 mgr. og efter 30 dogns lagring 16.0 mgr. pr. 1000 cm.³ jord.

Av salpetersyre indeholder jorden ved indsamlingen 9.0 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord. Men efter 30 dogns lagring, saavel med som uten tilsætning av $(NH_4)_2SO_4$ (106 mgr. N), er dette nitratindhold reducert til ubetydelige, ikke analyserbare spor.

Der blev paa vanlig maate podet til ammoniumsulfatoplosninger i række A, som imidlertid efter 45 dage kun viste helt ubetydelige spor av salpetersyre i trinnene V—X. Trinvis overføring til ny række B gav det samme usikre resultatet efter 61 dages kultur, og endog i en 3. række C, podet trinvis fra B, var der efter 36 dager ingen salpetersyre paaviselig, bortset fra smaa spor i trin II. Podning fra dette trin C—II til ny række D gav helt negativt resultat. Det lykkedes altsaa ikke, trods gjentagne overføringer til nye kolber, at faa igang nitrifikation av ammoniumsulfatoplosninger ved nogensomhelst av de prøvede reaktioner, og

Tabel 51

142 — P: Podet 25/7 1925 trinvis fra 142 — O (Geimpft am 25/7 1925 mit 142 — O)				142 — R: Podet 15/9 1925 fra 142 — P — VIII (Geimpft am 15/9 1925 mit 142 — P — VIII)				142 — S: Podet 3/11 1925 fra 142 — R — XI (Geimpft am 3/11 1925 mit 142 — R — XI)				142 — T: Podet 21/12 1925 fra 142 — S — VII (Geimpft am 21/12 1925 mit 142 — S — VII)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 31 dager (Analyse nach 31 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 31 dager (Analyse nach 31 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.6	XXX	0.20												
II	5.6	XXX	0.14												
III	5.7	XXX	0.12					III	5.7	XXX	0.14	III	5.7	XXX	0.18
IV	6.0	XXX	0.10					IV	6.0	XXX	0.14	IV	5.9	XXX	0.13
V	6.2	XXX	0.10	V	6.2	XXX	0.17	V	6.2	XXX	0.14	V	6.2	XXX	0.15
VI	6.4	XXX	0.08	VI	6.4	XXX	0.24	VI	6.4	XXX	0.30	VI	6.4	XXX	0.15
VII	6.6	XXX	0.06	VII	6.7	XXX	0.96	VII	6.7	XXX	4.75	VII	6.7	XXX	1.40
VIII	6.9	0—X	5.00	VIII	7.0	0—X	7.00	VIII	6.9	0	5.00	VIII	7.0	0	6.00
IX	7.6	XXX	0.06	IX	8.2	XXX	0.14	IX	8.4	XXX	0.24	IX	8.1	XXX	0.36
X	8.0	XXX	0.06	X	8.2	X	6.75	X	8.2	XX	5.50	X	8.3	0	7.00
XI	9.1	XXX	0.06	XI	8.3	0	6.00	XI	8.4	0	6.25	XI	8.1	0	7.00
XII	9.4	XXX	0.08	XII	9.6	XXX	0.14	XII	9.6	XXX	0.12	XII	> 9.6	XXX	0.16

det forhold at selv trin X med $CaCO_3$ ikke gir noget resultat synes avgjort at vise, at jorden ikke indeholder bakterier med evnen til at oxydere $(NH_4)_2 SO_4$.

Helt anderledes forholder prøven sig naar det gjælder oxydation av nitriter. Der blev paa vanlig maate podet til opløsninger med natriumnitrit i række N og fra denne trinvis til række O og paa samme maate videre til række P. Allerede i O-rækken var der total nitrifikation i trin VIII med pH = 7.0, men ikke i nogen andre trin. Det samme resultat gav P-rækken. Der blev podet videre fra P—VIII til ny række R og fra R—XI til række S og endelig fra S—VII til ny række T. Resultatet av disse forsøk vil fremgaa av tab. nr. 51. Som man ser har den trinvise overføring i række P ført til, at der her kun er oxydation i trin VIII med pH = 6.9. Podning med P—VIII har imidlertid i R-rækken ført til oxydation i en række trin, helt op til XI med pH = 8.3. Podning fra R—XI til ny række S gir praktisk talt samme resultat, og ny podning fra S—VII til række T gir igjen samme resultat. Saavel podning fra svakt sur opløsning (S—VII), som podning fra alkalisk oplosning (R—XI) gir altsaa her oxydation ved pH = ca. 7.0 og nedover mot pH = 6.7, men desuten ved pH = 8.1—8.3 i trin X—XI. Det er imidlertid meget paafaldende at resultatet i trin IX er negativt i alle rækker, tiltrods for at dettes pH ikke avviker væsentlig fra pH-værdien i de oxyderende trin X og XI. Der er her tydelig forhold i dette trins støtputesammensætning (kun $Na_2 HPO_4$), som virker sterkt hemmende paa bakterienes livsvirksomhet eller oxydationsprocessen. Forholdet er saa meget mere paafaldende, som vi i de tidligere beskrevne analyser finder en række tilfælder, hvor der endog har fundet total oxydation sted av det tilsatte $NaNO_2$ i IX-trinnet med nøiagtig samme sammensætning. Vi kommer senere tilbake hertil.

Prøve nr. 143.

Prøven er samlet 2. 9. 1924 ved Tveitsund i Treungen i samme skog som foregaaende prøve (nr. 142), men den er tat paa et sted, hvor der var ren furuskog uten indblanding av gran.

Vegetationen var her meget artsfattig, idet den bestod av følgende 4 arter:

Festuca rubra, Linnea borealis, Pteridium aquilinum, Vaccinium vitis idaea.

Intet levende mosdække.

Jordprofilet viste:

A. 2—5 cm. raahumusagtig strødække av furunaaler og furubark.

B. 2—10 cm. sortgraa, grov sand og finere sand mellem større sten. Sanden har rikelig med kvartskorn og større og mindre feltspatstykker, som er meget litet kantslitt og vel for en del er av forholdsvis stedlig oprindelse.

Tabel 52.

143 — P	Podet 7/4 1925 trinvis fra 143 — O (Geimpft am 7/4 1925 mit 143 — O)			143 — R	Podet 3/9 1925 fra 143 — P — VI (Geimpft am 3/9 1925 mit 143 — P — VI)			143 — S	Podet 3/9 1925 fra 143 — P — X (Geimpft am 3/9 1925 mit 143 — P — X)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St nach Impfen)	Analyse efter 100 dager (Analyse nach 100 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 27 dager (Analyse nach 27 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 27 dager (Analyse nach 27 Tagen) Griess	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	5.4	XXX	0.31								
II	5.5	XXX	0.34								
III	5.6	XXX	0.32	III	5.5	XXX	0.20	III	5.5	XXX	0.20
IV	6.0	XXX	0.31	IV	6.0	XXX	0.16	IV	5.8	XXX	0.12
V	6.2	XXX	0.14	V	6.2	XXX	5.00	V	6.2	XXX	0.20
VI	6.4	0	3.98	VI	6.4	0	5.00	VI	6.4	XXX	0.48
VII	6.7	XXX	0.98	VII	6.7	0	4.00	VII	6.7	0	6.00
VIII	7.1	0—X	3.60	VIII	7.0	0	4.00	VIII	7.0	0	5.24
IX	8.2	0	3.52	IX	8.3	XXX	5.00	IX	8.3	XXX	1.04
X	8.2	0	3.91	X	8.3	XXX	4.48	X	8.4	XXX	4.24
XI	8.2	XXX	0.16	XI	8.1	0	5.00	XI	8.2	0	5.24
XII	⩾ 9.6	XXX	0.13	XII	⩾ 9.6	XXX	0.12	XII	⩾ 9.6	XXX	0.10

Her blev prove nr. 143 tat av raahumuslaget A og den følgende prove nr. 144 av sandlaget B.

Prove nr. 143 har et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 68.68 %, et glodetap av 12 % og et askeindhold av 19.32 %. Dens reaktion er sterkt sur, idet den aktuelle pH blev bestemt til 4.37. Den indeholdt ved indsamlingen 3.27 mgr. og efter 30 dogns lagring 4.92 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord. Indholdet av salpetersyre var ved indsamlingen 4.02 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord og efter 30 dogns lagring, saavel med som uten ammoniaktilsætning, var dette sunket til knapt paaviselige spor.

Ved podning med jord til ammoniumsulfatoplosninger viste disse i den første række — A — ingen spor av nitrater i trin I—VIII (Diphenylamin = 0), mens trinnene IX—XII var for sterkt farvet til at denne prove kunde utføres. Der blev podet trinvis til ny række B, og denne gav efter 67 dager helt negativ Griess- og Diphenylaminreaktion i trin I—X, mens trin XI—XII gav begge disse reaktioner, dog kun forholdsvis svakt (styrke: XX). En ny podning fra B—XI + XII (sammenslaat) gav fremdeles i I—X ingen reaktion utover den, som beror paa de

Tabel 53.

143 — T	Podet 5/11 1925 fra 143 — R — V (Geimpft am 5/11 1925 mit 143 — R — V)			143 — U	Podet 5/11 1925 fra 143 — S — XI (Geimpft am 5/11 1925 mit 143 — S — XI)		
		Analyse efter 36 dager (Analyse nach 36 Tagen)				Analyse efter 36 dager (Analyse nach 36 Tagen)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
III	5.6	XXX	0.21	III	5.7	XXX	0.20
IV	6.0	XXX	0.20	IV	6.0	XXX	0.18
V	6.2	XXX	4.00	V	6.2	XXX	0.18
VI	6.4	0	7.00	VI	6.4	XXX	3.50
VII	6.7	0	7.50	VII	6.7	0	5.00
VIII	7.0	0	6.50	VIII	7.0	0	6.00
IX	8.2	0	7.50	IX	8.3	0	6.00
X	8.1	0	7.25	X	8.2	0	6.00
XI	8.3	0	7.00	XI	8.1	0	6.00
XII	9.0	—	—	XII	9.2	XXX	0.14

mængder NO_2 eller NO_3 som var indført med podningsvæsken, mens trin XI og XII igjen gav saavel Griess- som Diphenylaminreaktion med styrke XX. Der er derfor her i disse sterkt alkaliske trin utvilsomt en svak evne til oxydation av ammoniumsulfat. Den gaar sandsynligvis ikke længere end til nitrit og er kvantitativt meget ubetydelig. En videreføring eller forøkelse av denne oxydation lykkedes ikke. Ved de reaktioner, som repræsenteres av de øvrige trin (I—X), er der ingensomhelst oxydation, og selv i trin X med $CaCO_3$ som støtpute er utfaldet helt negativt. Denne jordproves evne til ammoniakoxydation maa derfor, efter væskeforsøkene at domme, være meget liten.

Helt anderledes er det med oxydationen i n i t r i t oplosninger, idet denne kommer hurtig og finder sted over et stort pH-omraade. Der blev podet med jord til række N, som imidlertid ikke blev analysert paa grund av sterk farve paa oplosningene. Efter 96 dage blev der podet trinvis til ny række O, og en kvalitativ analyse av denne efter 45 dage viste total nitrifikation (Griess = 0) i trinnene VI—X, altsaa ved pH-værdier fra 6.4—ca. 8.2. Der blev podet paany trinvis fra O til ny række P, som blev analysert efter 100 dage med det i tab. 52 opførte resultat. Som man ser er der nitrifikation i trinnene VI—X, altsaa ved pH-værdier fra 6.4—8.2.

Som tabellen viser er der en ikke liten forskjel paa seriene R og S. Den første, som er podet med den sure opløsning P—VI, gir nitrifikation i trin V—XI, altsaa helt ned til pH = 6.2. Række S derimot, som er podet fra den alkaliske P—X, gir ingen nitrifikation ved pH = 6.2, en meget svak ved pH = 6.4 og først i trin VII med pH = 6.7 er nitrifikationen total. Denne forskyvning opad av nitrifikationens nedre grænse, eftersom man poder fra mere alkaliske opløsninger, er her meget paafaldende. Den holder sig ogsaa nogenlunde ved fortsatte podninger. I tabel nr. 53 ser man saaledes i række 143 — T, som er podet fra den sure R—V, fremdeles nitrifikation ned til pH = 6.2, mens række 143 — U, som er podet fra den alkaliske S—XI, ikke nitrificerer ved pH = 6.2, men derimot ved 6.4 omend her rigtignok kun med omtrent halv styrke, og først ved pH = 6.7 naar nitrifikationen nogenlunde fuld værdi.

Prøve nr. 144.

Som nævnt under forrige prøve er prøve nr. 144 tat i det under raahumuslaget liggende sandlag i samme profil som prøve nr. 143. Denne sandjord har et vandindhold (hygrosk. + kapill.) av 27.63 %, et glødetap av 8.24 % og et askeindhold av 64.13 %, dens aktuelle pH er 4.56.

Merkelig nok har denne jord, som er forholdsvis fattig paa organisk stof, en meget sterk ammoniakproduktion. Ved indsamlingen indeholdt den 5.75 mgr. og efter 30 døgns lagring 21.76 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Jordnitrifikationen derimot er meget liten. Ved indsamlingen indeholdt jorden 2.04 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord, men efter 30 døgns lagring, saavel uten som med ammoniaktilsætning, var der bare smaa, ikke analyserbare NO_3-spor.

Det samme negative resultat gir væskekulturene. Der blev paa vanlig maate podet med jord til ammoniumsulfatopløsninger i række A og podet videre trinvis til ny række B. Efter 67 dage viste denne række helt negativt resultat (Griess og Diphenylamin = 0) i alle trin I—X, men derimot svak positiv reaktion (✓✓) for begge disse reagenser i de to trin XI—XII. Dette er helt overensstemmende med resultatene for den overliggende raahumusjord. Forsøk paa at føre denne nitrifikation videre lykkedes imidlertid heller ikke her, idet en podning fra B—XI og XII til ny serie C gav helt negativt resultat. Praktisk talt har derfor denne jord ingen evne til nitrifikation av ammoniumsulfat.

Forsøkene med nitrit gav likeledes negative resultater. Der blev podet med jord til nitritopløsninger i række N og podet fra denne trinvis til ny række O. Fra O blev igjen podet til række P og fra denne til række R. Kvalitative analyser (Griess) gav ikke i nogen av disse rækker et eneste trin med total nitrifikation, og jorden indeholder derfor heller ikke væsentlig av bakterier med nitritoxyderende evne.

5. Lyngjord.

Fra typisk vestlandsk lyngmark er i dette arbeide kun medtat 4 prøver. Nitrifikationsevnen er nemlig i denne type av jord meget svak eller ingen, og det er derfor av forholdsvis liten interesse at arbeide med den.

Prøve nr. 124.

Denne prøve, som vi har behandlet i vort tidligere arbeide (1923), er tat i en furuplantning i lyngmark ved Søftelandi Os pr. Bergen. Plantningen er endnu ung, trærne har ikke sluttet sig sammen, og vegetation og jordbund er derfor endnu typisk lyngmark. Vegetationen bestod praktisk talt bare av ***Calluna vulgaris***. Det øverste jordlag er en utpræget lyngraahumus, og under dette ligger mineralsk muldagtig jord over Saussuritgabro. Prøven, som er tat av det muldagtige underlag, hadde et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 49.15 %, et glødetap av 21.8 % og et askeindhold av 29.05 %.

Forsøk med jordnitrifikation og ammoniakproduktion blev ikke foretat med denne prøve.

Podning med jord til ammoniumsulfatopløsninger blev utført paa vanlig maate i række A, dog kun med 10 trin (I—X). Efter 63 dage var Griess- og Diphenylaminreaktionene negativ i de 8 sure trin I—VIII, men positiv i de 2 alkaliske trin IX og X. Der blev podet trinvis til ny række B som gav samme resultat, og fra denne igjen til række C, som efter 47 dage gav det i tab. nr. 54 opførte resultat. Som man ser er der kun nitrifikation i de alkaliske trin, og jorden indeholder kun den ammoniakoxyderende bakterie, hvis optimum ligger ved pH = 7.8 og desuten den (eller de) nitritoxyderende bakterie, som har optimum omkring pH = 7.0 (6.8—7.3).

Specielle forsøk med nitritopløsninger blev ikke utført for denne prøve.

Prøve nr. 133.

Prøven er samlet 8. 8. 1923 paa Tveitaskog i Sveio pr. Haugesund. Den er tat i konsul Sundfors plantefelt i det sydvestre hjørne. Dette felt er fredet fra 1911, og furuplantningene har nu 0.8—1.3 m. høie trær, men bevoksningen har paa langt nær sluttet sig sammen. Efter fredningen har græsveksten øket sterkt, og lyngen er nu næsten gaat ut slik at der bare findes sparsomme rester av den mellem det høie græs *(Molinia)*. Vegetationslisten er følgende: *Agrostis sp., Calluna vulgaris, Carex Goodenoughii, Erica tetralix, Juniperus communis,* ***Molinia coerulea,***

Tabel 54.

124 — C Podet 30/9 1922 trinvis fra 124 — B
(Geimpft am 30/9 1922 mit 124 — B)

Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 47 dager (Analyse nach 47 Tagen) PH	Nessler	Griess	Diphenyl-amin	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.4	5.4	XXX	0	0	0.00
II	5.8	5.8	XXX	0	0	0.00
III	6.0	5.9	XXX	0	0	0.00
IV	6.1	6.1	XXX	0	0	0.00
V	6.3	6.3	XXX	0	0	0.00
VI	6.5	6.5	XXX	0	0	0.00
VII	6.7	6.7	XXX	0	0	0.00
VIII	6.9	6.9	XXX	0	0	0.00
IX	7.2	6.3	0	0	XXX	3.60
X	7.6	6.7	0	0	XXX	3.00

Narthecium ossifragum, *Plantago lanceolata, Potentilla tormentilla, Scirpus sp., Succisa pratensis, Viola Riviniana.*

Der er storstenet mark med relativt grund jord over glaciale avleiringsrester mellem fjeldknauser. Jordprofilet var følgende:

A. 2—4 cm. tæt rotfilt av græsrøtter.

B. 10—20 cm. sortgraa, meget sandholdig, men god jord.

Prøven, som er tat av B-laget, har et vandindhold (kapill. + hygrosk.) av 41.9 %, et glødetap av 8.15 % og et askeindhold av 49.95 %.

Jorden er relativt svakt sur, idet den aktuelle pH er 6.25. Ved indsamlingen indeholdt den bare 0.75 mgr. og efter 30 døgns lagring 2.82 mgr. NH_3 pr. 1000 $cm.^3$ jord. Nitratindholdet var bare 1.56 mgr. pr. 1000 $cm.^3$ jord og er efter 30 døgns lagring steget til 9.80 mgr. og efter lignende lagring med tilsætning av ammoniumsulfat (106 mgr. N) til 7.0 mgr. NO_3. Jordens nitrifikationsevne er derfor ikke sterk, men den er utvilsomt tilstede.

Der blev paa vanlig maate podet med jord til a m m o n i u m s u l f a t opløsninger i række A, som efter 36 dager viste sterk nitrifikation i trin IX og X, begge med pH = 7.6. Der blev podet trinvis til ny række B og fra denne igjen trinvis til

Tabel 55.

133 — O — Podet 11/10 1923 trinvis fra 133 — N
(Geimpft am 11/10 1923 mit 133 — N)

Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 36 dager (Analyse nach 36 Tagen) PH	Griess	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I a + b	4.7	5.8	XXX	9.25	0.20
d		5.7	XXX	8.90	0.21
II a + b	5.3	5.8	XXX	8.50	0.13
d		5.7	XXX	10.00	0.13
III a + b	5.5	5.8	XXX	10.00	0.11
d		5.7	XXX	9.00	0.11
IV a + b	5.9	6.0	XXX	8.90	0.12
d		6.0	XXX	9.00	0.08
V a + b	6.2	6.2	XXX	9.25	0.21
d		6.2	XXX	9.50	0.08
VI a + b	6.4	6.4	0	0.00	5.75
d		6.4	XXX	7.50	0.10
VII a + b	6.7	6.7	0	0.00	5.50
d		6.7	XXX	9.00	0.06
VIII a + b	7.2	7.3	0	0.00	5.63
d		7.3	XXX	8.80	0.08
IX a + b	8.1	8.1	0	0.00	5.50
d		8.1	XXX	8.20	0.06
X a + b	7.6	7.7	0	0.00	5.00
d		7.6	XXX	7.50	0.08
XI a + b	8.9	8.8	XXX	9.20	0.62
d		8.7	XXX	9.70	0.08
XII a + b	9.8	9.2	XXX	10.00	0.06
d		9.2	XXX	10.00	0.05
XIII a + b	≦ 12.0	9.8	XXX	10.25	0.06
d		9.8	XXX	9.00	0.05
XIV a + b	?	> 10.00	XXX	10.50	0.06
d		> 10.00	XXX	9.00	0.05

Anm.: Kolbe a og b er inficeret, Kolbe d er ikke inficeret kontrolkolbe, analyseret ved forsøkets avslutning. (a und b geimpfte Kolben, d ungeimpfter Kontrolkolben, beim Abbruch des Versuches analysiert).

ny række C. I begge disse rækker kom der sterk nitrifikation i trinnene IX og X med pH-værdier = 7.7—8.0. Desuten var der i C-rækkens trin VII med pH = 6.7 en svak nitrifikation, som det imidlertid ikke lykkedes at føre videre til ny række. Jorden har utvilsomt en ganske sterk evne til ammoniumsulfatoxydation ved pH-værdier = ca. 7.6—8.0 og indeholder derfor sikkert den nitrifikationsbakterie, som har sit optimum ved pH = ca. 7.8.

Podning til nitritopløsninger viser ogsaa enkle forhold. Der blev paa vanlig maate podet med jord til række N, og fra denne podedes efter 36 dager trinvis til ny række O. Denne række blev analysert efter 36 dager med det i tab. nr. 55 givne resultat. Som man ser er der en ganske skarp grænse for oxydationen mellem pH = 6.2 (trin V) og pH = 6.4 (trin VI). I det førstnævnte trin har vi endnu praktisk talt alt kvælstof uforandret som NO_2-kvælstof og finder kun meget smaa mængder NO_3-kvælstof. I trin VI derimot er der ikke spor av NO_2-kvælstof, men store mængder NO_3-kvælstof. Denne oxydation naar helt op til pH = 8.1 (i IX), og processen gaar altsaa her udmerket i en stotputeblanding med bare $Na_2 H PO_4$. Ved pH = 8.9 er der endnu en svak oxydation, men ikke ved pH = 9.8. Tabellen viser at mængden av NO_2-kvælstof varierer noksaa meget i de enkelte ikke podede kolber (d); dette skyldes for en del at væske-fordampningen fra kolbene var ulike stor, og ikke blev noiagtig nok medtat i analyseberegningen.

Der blev fra denne række podet til 3 nye rækker paa følgende maate: Fra O — VI til række P, fra O — VIII til række R og fra O — IX til række S. De nye rækker blev analysert efter 58 dage med det i tab. nr. 56 opforte resultat. Det er i dette forsøk noget paafaldende at række P, som er podet med den sure O — VI, gir total oxydation helt op i trin IX med pH = 7.8, mens i motsætning hertil de fra neutral eller alkalisk opløsning podede rækker R og S i trin IX kun har en svak eller ingen oxydation. Rigtignok har trin IX her en noget høiere pH (8.0 mot 7.8) og som vi tidligere har vist (1921-b), er den absolutte øvre pH-grænse for den vanlige nitritoxyderende bakterie (med opt. ved 6.8—7.3) ca. 8.0. Det er derfor mulig at vi i virkeligheten her har oxydation av denne bakterie i nærheten av dens øvre pH-grænse. Oxydationen i P — VI ved pH = 6.4 er en middelværdi mellem 2 paraleller paa 4.75 og 0.49 mgr., og man er her sikkert ved den nedre grænse av denne bakteries virksomhetsomraade. Muligens er her pH-værdien i P — VI noget lavt bestemt. Utfaldet av de to andre rækker R og S synes at tyde i denne retning, idet disse utvilsomt kun indeholder denne bakterie med sit optimum 6.8—7.3, nedre grænse 6.4—6.5 og øvre grænse 8.0. Hvad denne sidste grænse angaar er det mulig at den i vort tidligere arbeide (1921-b) er noget for lavt sat, idet den her er basert paa forholdsvis korte forsøk av 14 dages varighet. Forsøk med 30 dages kultur-

Tabel 56.

133 — P		Podet 19/12 1923 fra 133 — O — VI (Geimpft am 19/12 1923 mit 133 — O — VI)		133 — R		Podet 19/12 1923 fra 133 — O — VIII (Geimpft am 19/12 1923 mit 133 — O — VIII)		133 — S		Podet 19/12 1923 fra 133 — O — IX (Geimpft am 19/12 1923 mit 133 — O — IX)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen) NO_2 — kv.stof (NO_2 — Stickst.) Mgr.	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen) NO_2 — kv.stof (NO_2 — Stickst.) Mgr.	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen) NO_2 — kv.stof (NO_2 — Stickst.) Mgr.	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
III	5.6	10.0	0.17	III	5.6	10.0	0.19	III	5.6	10.8	0.20
IV	5.9	11.4	0.12	IV	5.9	11.1	0.14	IV	6.0	11.7	0.14
V	6.2	12.0	0.15	V	6.2	11.0	0.14	V	6.2	12.5	0.19
VI	6.4	5.6	2.62	VI	6.4	11.3	0.14	VI	6.4	11.4	0.12
VII	6.7	0.0	6.75	VII	6.7	0.0	5.42	VII	6.7	0.0	6.90
VIII	7.2	0.0	6.61	VIII	7.2	0.0	6.40	VIII	7.2	0.0	6.17
IX	7.8	0.0	7.02	IX	8.0	9.5	0.70	IX	8.1	13.1	0.16

Tabel 57.

133 — U	Podet 4/3 1924 fra 133 — P — VI (Geimpft am 4/3 1924 mit 133 — P — VI)		133 — T	Podet 4/3 1924 fra 133 — P — IX (Geimpft am 4/3 1924 mit 133 — P — IX)	
Trin (Stufe) Nr	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 56 dager (Analyse nach 56 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 56 dager (Analyse nach 56 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
V	6.2	XXX	0.13	V	6.2	XXX	0.13
VI	6.4	XXX	0.38	VI	6.4	XXX	0.23
VII	6.7	0	5.41	VII	6.7	0	5.60
VIII	7.1	0	4.90	VIII	7.1	0	5.10
IX	8.0	XXX	2.40	IX	8.0	0—X	3.65
X	7.7	XXX	5.20	X	7.7	0—X	3.65
XI	8.8	XXX	0.08	XI	8.8	XXX	0.12

varighet viste allerede dengang antydning til svak oxydation ved pH = 8.0—8.1, og senere forsøk viser at man ved langvarigere kulturer kan faa total oxydation ved pH = 8.0, men i samme forsøk ingen oxydation ved pH = 8.8. I denne retning tyder ogsaa forsøk med jordprøve nr. 133. Der blev nemlig fra ovenfor behandlede række P podet til to nye rækker. Den ene — U — blev podet fra det sure trin P — VI og den anden — T — fra det alkaliske trin IX. Resultatet herav er sammenstillet i tab. nr. 57. Som man ser bekræftet det helt det, som ovenfor er hævdet. Nitrifikationen er saaledes ved pH = 6.4 meget svak, saa man utvilsomt her har en grænseværdi for pH. Ved pH = 8.0 er den i række U betydelig nedsat i forhold til værdien ved pH = 7.7, og man nærmer sig her utvilsomt sterkt den øvre pH-grænse. Ved pH = 8.8 er der her ingen spor av oxydation, og prøven skiller sig herved avgjort fra de mange andre prøver, hvor vi har fundet total oxydation i nitritopløsninger helt op til pH-værdier av 9.0 og 9.2. Prøve nr. 133 indeholder derfor temmelig sikkert ikke disse i utpræget alkaliske oplosninger virkende bakterier, men kun den bakterie (eller eventuelt de tc) som har sit optimum ved pH = 6.7—7.2 og øvre grænse ved 8.0 eller noget derover.

Prøve nr. 134.

Denne prøve er samlet samtidig med foregaaende prove og tat ca. 20 m. fra denne, men paa den anden side av plantefeltets indhegning (stengjærde) og altsaa i beitet lyngmark. Der er her en typisk vestlandsk lyngmark med *Calluna vulgaris* som dominerende vekst og en række andre planter spredt og i litet individantal. Vegetationslisten er følgende: *Arctostaphylos uva ursi*, *Blechnum spicant*, ***Calluna vulgaris***, *Campanula rotundifolia*, *Erica tetralix*, *Juniperus communis* (meget sparsomt og lav), *Molinia coerulea*, *Potentilla tormentilla*, *Scirpus* sp., *Vaccinium vitis idaea*, *Viola Riviniana*.

Av moser: *Hypnum (Stereodon) cupressiforme*, *Dicranum scoparium*. Av lav: *Cladonia rangiferina*.

Jordbunden var storstenet mark, som nævnt under prove nr. 133. Jordprofilet viste:

A. 1—2 cm. mosdække og rotfilt.
B. 10—15 cm. tæt, sort, sandholdig jord av torvkarakter og meget gjennemsat av lyngrøtter.
C. 3—5 cm. brun, sandholdig jord, uten lyngrøtter.

Proven, som er tat av lag B, har et vandindhold (hygrosk. + kapill.) av 61.0 %, et glødetap av 16.6 % og et askeindhold av 22.4 %. Jorden er tydelig, men svakt sur, idet den aktuelle pH er 6.2.

Tabel 58.

134 — A Podet 24/8 1923 (Geimpft am 24/8 1923)					134 — B Podet 19/10 1923 trinvis fra 134 — A (Geimpft am 19/10 1923 mit 134 — A)						
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 57 dager (Analyse nach 57 Tagen) Nessler	Griess	Diphenylamin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) PH	Nessler	Griess	Diphenylamin	NO_3 — kv.stof (NO_3 — Stickst.) Mgr.
I	4.4	XXX	0	0	I	4.5	4.6	XXX	0	0	
II	4.7	XXX	0	0	II	5.1	5.2	XXX	0	0	
III	4.9	XXX	0	0	III	5.4	5.4	XXX	0	0	
IV	5.3	XXX	0	0	IV	5.8	5.8	XXX	0	0	
V	5.9	XXX	0	0	V	6.2	6.2	XXX	0	0	
VI	6.3	XXX	0	0	VI	6.4	6.4	XXX	0	0	
VII	6.6	XXX	0	0	VII	6.7	6.7	XXX	0	0	
VIII	7.0	XXX	0	0	VIII	7.2	7.2	XXX	0	0	
IX	7.5	XXX	0	XXX	IX	7.8	6.8	0	0	XXX	1.75
X	7.7	0	0	XXX	X	8.1	7.4	0	0	XXX	2.25
XI	8 0	XX	XX	XX	XI	8.3	7.7	XXX	XXX	XXX	0.10
XII	8.8	XX	0	0	XII	≦ 9.8	—	X-XX	0	0	
XIII	≧ 9.8	X	—	—	XIII	> 1 0	—	X	0	0	

Ved indsamlingen indeholdt jorden kun smaa mængder ammoniak, nemlig 0.20 mgr. NH_3 pr. 1000 cm.³ jord og efter 30 døgns lagring praktisk talt den samme mængde, nemlig 0.24 mgr.

Jordens nitrifikationsevne maa være liten eller ingen, idet den hverken ved indsamlingen eller efter 30 døgns lagring indeholder spor av salpetersyre, og selv efter tilsætning av $(NH_4)_2 SO_4$-opløsning og 30 døgns lagring er der ikke paaviselige mængder av salpetersyre.

Der blev podet med jord til ammoniumsulfatoplosning i række A og fra denne podet trinvis til ny række B. Analyseresultatene for disse to rækker er sammenstillet i tab. nr. 58. Som man ser har man her kun den ved pH = 7.7—8.1 forekommende oxydation og ingen hverken ved høiere eller lavere værdier.

Podning til nitritoplosninger blev likeledes utført paa vanlig maate til række N og fra denne blev podet trinvis til række O, som blev analysert kvalitativt og kvantitativt efter 33 dager. Fra O-rækkens trin VII blev podet til ny række P og fra O—IX til ny række R. Analyseresultatene for samtlige disse 3 rækker er sammenstillet i tab. nr. 59.

Tabel 59.

134 — O Podet 19/10 1923 trinvis fra 134 — N (Geimpft am 19/10 1923 mit 134 — N)					134 — P Podet 11/12 1923 fra 134 — O — VII (Geimpft am 11/12 1923 mit 134 — O — VII)					134 — R Podet 11/12 1923 fra 134 — O — IX (Geimpft am 11/12 1923 mit 134 — O — IX)				
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen) Griess	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 58 dager (Analyse nach 58 Tagen) Griess	NO_2 — kvælstof (NO_2 — Stickstoff) Mgr.	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.4	XXX	10.0	0.31	I					I				
II	5.5	XXX	11.3	0.21	II					II				
III	5.7	XXX	10.8	0.15	III	5.7	XXX	8.8	0.20	III	5.7	XXX	9.8	0.19
IV	5.9	XXX	9.7	0.13	IV	6.0	XXX	9.8	0.16	IV	6.0	XXX	9.9	0.14
V	6.2	XXX	11.3	0.10	V	6.2	XXX	8.9	0.22	V	6.2	XXX	10.1	0.18
VI	6.4	XXX	10.0	0.15	VI	6.4	XXX	8.4	0.48	VI	6.4	XXX	9.5	0.36
VII	6.7	0	0.0	5.25	VII	6.8	0—X	0.0	5.96	VII	6.8	0	0.0	6.67
VIII	7.2	0	0.0	5.88	VIII	7.3	0	0.0	5.35	VIII	7.2	0	0.0	6.30
IX	8.1	0	0.0	5.75	IX	7.9	0	0.0	5.49	IX	7.9	0	0.0	6.65
X	7.8	0	0.0	6.38	X	7.9	0	0.0	6.40	X	7.9	0	0.0	7.56
XI	9.2	XXX	11.3	0.07	XI	9.1	XXX	9.7	0.18	XI	9.3	XXX	10.0	0.17
XII	⩾ 9.8	XXX	10.9	0.08	XII	⩾ 10.0	XXX	9.5	0.12	XII	⩾ 10.0	XXX	10.6	0.15

Disse 3 rækker er av betydelig interesse paa grund av den ensartethet som de viser. Der er i alle 3 en total oxydation i de 4 trin VII—X med pH-værdier = 6.7—8.1, og der er ingen oxydation i trin XI med pH-værdier = 9.1—9.3. Den øvre grænse for denne oxydation kan ikke sikkert bestemmes. Den nedre grænse er derimot skarpere fiksert. Der er total oxydation ved pH = 6.7 og en svak, men sikkert begyndende oxydation i P og R ved pH = 6.4, og den nedre pH-grænse for oxydation kan derfor her med ganske stor sikkerhet sættes til 6.4—6.5, og dette resultat er saaledes i nøie overensstemmelse med de vi har fundet i vort tidligere arbeide (1921-b). Det er av stor interesse at se hvordan oxydationen i disse forsøk med prøve nr. 134 har denne skarpe grænse ved pH = 6.4—6.5, mens vi ved tidligere behandlede prøver har fundet total oxydation ganske almindelig ved pH = 6.4 og i flere tilfælder endog ved pH = 6.2. Der er ingen tvil om at der her maa foreligge bakteriestammer med avgjort forskjellige krav til substratets surhetsgrad, idet nogen altsaa har den nedre grænse ved pH = 6.4—6.5 og andre ved den adskillig lavere værdi 6.0—6.1.

6. Myrjord.

Prøve nr. 121.

Av myrjord er det kun en prøve, hvis nitrifikationsevne ved forskjellige vandstofionkoncentrationer er undersøkt. Vi har allerede omtalt den i vort tidligere arbeide (1923), men maa for sammenhængens og oversigtens skyld ogsaa behandle den ganske kort her.

Prøven er tat i en liten myr i furuskog ved Søfteland paa samme sted som prøvene nr. 6 og nr. 106, som vi har behandlet i vort tidligere arbeide (1921-b).

Vegetationen paa denne lille lokale forsumpning eller myr var meget sparsom og bestod praktisk talt bare av *Carex dioica* og *Carex Goodenoughii* og noget *Sphagnum sp.*

Jordprofilet viste følgende:

A. 8 cm. sort, tæt, vaat (vandmættet) torv.
B. 15 cm. brun, tæt, vaat (vandmættet) torv.
C. Sand og grus over fjeld.

Jordprøven, som er tat av A-laget hadde et vandindhold (hygrosk. + kapill.) av 76.25 %, et glodetap av 21.25 % og et askeindhold av 2.50 %.

Tabel 60.

121 — A	Podet med jord 5/4 1922 (Geimpft mit Erde am 5/4 1922)					121 — B	Podet 27/4 1922 trinvis fra 121 — A (Geimpft am 27/4 1922 mit 121 — A)				
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 20 dager (Analyse nach 20 Tagen) PH	Ness-ler	Griess	Diphe-nyl-amin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen	Analyse efter 47 dager (Analyse nach 47 Tagen) PH	Ness-ler	Griess	Diphenyl-amin
I	4.7	4.7	×××	0	0—×	I	4.8	4.8	×××	0	0—×
II	4.8	4.8	×××	0	0—×	II	5.0	5.0	×××	0	0—×
III	4.8	5.0	×××	0	0	III	5.4	5.4	×××	0	0—×
IV	5.0	5.2	×××	0	0	IV	5.9	5.9	×××	0	0—×
V	5.6	5.6	×××	0	0	V	6.2	6.2	×××	0—×	0—×
VI	6.1	6.2	×××	0	0	VI	6.7	6.6	×××	×	××—×××
VII	6.3	6.3	×××	0	0	VII	7.1	7.1	×××	0—×	0—×
VIII	6.4	6.4	×××	0	0	VIII	7.3	7.3	×××	×	0—×
IX	6.5	6.5	×××	0	0	IX	7.5	6.7	0	×××	×××
X[1])	7.4	7.4	××	××—×××	×××	X	—				

[1]) In diesen 2 Reihen A—B ist Stufe X mit $CaCO_3$ gebuffert, die Stufen I—IX dagegen enthalten Phosphat-Lösungen und zwar Stufe VIII n u r sek. Na-Phosphat.

Der blev ikke foretat undersøkelser over nitrifikation under lagring med denne prøve (nr. 121), men vi har i vort tidligere arbeide (1921-a) meddelt at de to prøver nr. 6 og nr. 106, som er tat paa nøiagtig samme sted, viste en meget sterk nitrifikationsevne under lagring, idet nr. 6 efter 30 døgn indeholdt 57.4 og nr. 106 35.5 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Og prøve nr. 6 gav i et andet forsøk med lagring av 500 gr. jord efter 200 dage ved alm. værelsestemperatur hele 158.1 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Ogsaa væskenitrifikationen var meget kraftig for disse prøvers vedkommende.

Det er ganske paafaldende at denne myrjord, hvis aktuelle pH er 5.6 (bestemt paa nr. 106), har en saa god nitrifikationsevne, og det er derfor av interesse ganske kort at nævne resultatene av podningsforsøkene til væsker med forskjellig pH.

Der blev først podet til a m m o n i u m s u l f a t i række A med 10 trin, hvorav de 9 (I—IX) hadde fosfatstøtpute og nr. X kalciumkarbonatstøtpute. Denne første række gav kun nitrifikation (Diphenylamin = ×××) i trin X med pH = ca. 7.4. Der blev saa podet trinvis til ny række B og derfra igjen trinvis til ny række H — I—IX med bare fosfatstøtpute. Resultatene av disse forsøk fremgaar av tabellene nr. 60 og nr. 61.

Tabel 61.

121 — H	Podet 19/6 1922 trinvis fra 121 — B (Geimpft am 19/6 1922 mit 121 — B)					121 — J	Podet 15/8 1922 fra 121 — H — VI (Geimpft am 15/8 1922 mit 121 — H — VI)			121 — K	Podet 15/8 1922 fra 121 — H — IX (Geimpft am 15/8 1922 mit 121 — H — IX)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St nach Impfen)	Analyse efter 50 dager (Analyse nach 50 Tagen) PH	Nessler	Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 29 dager (Analyse nach 29 Tagen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 48 t. efter podning (PH 48 St. nach Impfen)	Analyse efter 29 dager (Analyse nach 29 Tagen) PH	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	—	—	—	—	—	I	5.5	5.5	0.075	I	5.6	5.6	0.000
II	4.9	4.9	XXX	0	0.00	II	5.8	5.8	0.082	II	5.9	5.9	0.000
III	5.4	5.3	XXX	0—X	0.00	III	6.0	6.0	0.113	III	6.0	6.0	0.000
IV	5.9	6.0	XXX	0—X	0.00	IV	6.1	6.1	0.125	IV	6.1	6.1	0.050
V	6.2	6.2	XXX	XX	0.50	V	6.3	6.1	0.200	V	6.4	6.4	0.050
VI	6.7	6.1	X	0—X	4.25	VI	6.6	6.2	0.300	VI	6.6	6.6	0.050
VII	7.2	7.2	XXX	0—X	0.00	VII	6.8	6.7	0.132	VII	6.8	6.8	0.050
VIII	7.3	7.2	XXX	0—X	0.00	VIII	7.0	6.9	0.075	VIII	7.0	7.0	0.063
IX[1])	7.7	6.8	0	0	4.25	IX	7.2	7.2	0.069	IX	7.3	7.0	0.313
X	—	—	—	—	—	X[2])	7.6	7.4	0.038	X[2])	7.7	7.0	0.625

[1]) In Reihe H sind die Stufen I—IX mit Phosphat-Lösungen gebuffert und zwar enthält Stufe IX n u r sek. Na-Phosphat.

[2]) In den Reihen J — K sind sämtliche Stufen I—X mit Phosphat-Lösungen gebuffert und zwar enthält Stufe X n u r sek. Na-Phosphat.

Som det sees er der i række H to utprægede nitrifikationsmaksima, nemlig ved pH = 6.7 og ved pH = 7.7, dette sidste i rent sek. natriumfosfat. Disse er saa vel adskilt ved ikke-nitrificerende pH-trin, at man med rette maa kunne gaa ut fra at de skyldes forskjellige bakterier. Det avgjørende bevis herfor gives ved de to rækker nr. 121 — J og — K, hvor alle trin I—X er fremstillet med fosfater som støtpute. Podning fra den sure H—VI gir i række J en nitrifikation med maksimum ved pH = 6.6 og praktisk talt ingen nitrifikation ved pH $\geqq$ 7.0. Podning fra det alkaliske trin H—IX gir derimot i række K bare nævneværdig nitrifikation ved pH $\geqq$ 7.3. Denne jordprøve indeholder derfor 2 ammoniumsulfatoxyderende bakteriestammer, nemlig én virksom optimalt ved pH = 6.5—6.6 og én ved pH = 7.7—7.9.

7. Arktisk jord (Svalbard).

Sammen med de ovenfor behandlede prøver blev der ogsaa undersøkt 2 jordprøver, som kaptein *Thor Iversen* samlet paa Hopenøen ved Svalbard i august 1924. Med hensyn til denne ø's beliggenhet og topografi henvises til kaptein *Iversens* avhandling (1926).

Den første prøve blev samlet 25. 8. 1924 paa en lav landtunge paa den østlige side av Hopenøens sydlige del (Husodden nær ved »Sjølskottet«). Der var her en forholdsvis rik vegetation. Jordprøven bestod, slik som den blev os oversendt til analyse, dels av god mineraljord, dels av tæt torv, der laa i mineraljorden som vel adskilte større eller mindre baller. Denne torvjord blev utsortert og er nedenfor behandlet som prøve nr. 149, mens den gode mineraljord blev holdt for sig som prøve nr. 148.

Den anden av de medbragte jordprøver er en muldagtig jord, tat i mundingen av et rævehi paa Husodden; den er nedenfor betegnet som nr. 150.

Prøve nr. 148.

Som ovenfor nævnt er denne prøve en stenholdig, mork og muldholdig mineraljord. Hverken denne eller de følgende to prøver var indsamlet i større mængder, og der var derfor ikke jord nok til mere omfattende forsøk med bestemmelse av vandindhold, aske og glødetap, titreringskurver, jordnitrifikation m. m., og der blev av den grund bare utført podningsforsøk til væsker.

Der blev podet med jord til ammoniumsulfat i række A og fra denne trinvis til række B og paa samme maate videre til række C. I denne række kom der

Tabel 62.

148 — P Podet 30/7 1925 trinvis fra 148 — O (Geimpft am 30/7 1925 mit 148 — O)					148 — R Podet 3/10 1925 fra 148 - P - IX (Geimpft am 3/10 1925 mit 148 - P - IX)				148 — S Podet 3/10 1925 fra 148 - P - XI (Geimpft am 3/10 1925 mit 148 - P - XI)			
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	PH efter 32 dager (PH nach 32 Tagen)	Analyse efter 32 dager (Analyse nach 32 Tagen) Griess	Analyse efter 32 dager (Analyse nach 32 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) Griess	Analyse efter 33 dager (Analyse nach 33 Tagen) NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.4		XXX	0.16	I				I			
II	5.5		XXX	0.12	II				II			
III	5.8		XXX	0.12	III				III			
IV	5.9		XXX	0.10	IV				IV			
V	6.2		XXX	0.08	V	6.2	XXX	0.18	V	6.2	XXX	0.21
VI	6.4	6.4	XXX	0.08	VI	6.4	XXX	0.54	VI	6.4	XXX	0.18
VII	6.7	6.7	XXX	7.00	VII	6.7	XXX	0.92	VII	6.7	XXX	0.80
VIII	7.0	7.0	0	6.00	VIII	7.0	0	6.25	VIII	7.0	0	6.00
IX	8.2	8.2	0	6.24	IX	8.2	XXX	6.00	IX	8.2	0	6.00
X	8.0	8.0	0	6.00	X	8.0	XXX	6.00	X	8.2	0	6.00
XI	9.2	9.1	0	6.00	XI	8.2	XXX	0.24	XI	8.2	XXX	0.22
XII	⩾ 9.6	⩾ 9.6	XXX	0.06	XII	⩾ 9.6	XXX	0.18	XII	⩾ 9.6	XXX	0.20

Tabel 63.

149 — B	Podet 14/5 1925 trinvis fra 149 — A (Geimpft am 14/5 1925 mit 149 — A)				149 — C	Podet 3/8 1925 trinvis fra 149 — B (Geimpft am 3/8 1925 mit 149 — B)				
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Kvalitativ analyse efter 50 dager (Kvalitative Analyse nach 50 Tagen) Nessler	Griess	Diphe-nylamin	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 35 dager (Analyse nach 35 Tagen) Nessler	Griess	Diphe-nylamin	NO_3 – kv.stof (NO_3 – Stickst.) Mgr.
I	5.0	XXX	0	0	I	4.8	XXX	0	0	0.00
II	5.1	XXX	0	0	II	5.2	XXX	0	0	0.00
III	5.5	XXX	0	X	III	5.5	XXX	0	0–X	0.00
IV	5.8	XXX	0	XX	IV	5.8	XXX	0	X	spor
V	6.2	XXX	0	XXX	V	6.2	XXX	0	XXX	0.08
VI	6.5	XXX	0	XXX	VI	6.5	XXX	0	XXX	0.14
VII	6.7	XX–XXX	0	XXX	VII	6.7	XXX	X	XXX	0.72
VIII	7.0	0	0	XXX	VIII	7.0	0	0	XXX	5.00
IX	7.9	0	0	XXX	IX	7.9	0	0	XXX	4.00
X	8.0	0	0	XXX	X	8.0	0	0	XXX	4.00
XI	8.0	0	0	XXX	XI	8.0	0	0	XXX	4.00
XII	≷ 9.6	XX–XXX	X	0	XII	≷ 9.6	X	0	X	0.04

sterk nitratproduktion i trinnene VIII—X med pH = 7.0—7.8 og svak nitratproduktion i trin XI med pH = 8.0. Fra C—XI blev der podet til ny række D, som efter 30 dage viste sterk nitratproduktion i trin IX—X, svak produktion i trin VIII og VII. Desuten var der sterk nitritproduktion i trin XI—XII. Forovrig synes det som om andre organismer i denne række spiller en betydelig rolle for kvælstofomsætningen, og forholdene er ikke helt klare.

Podningen til n i t r i t oplosninger gav resultater som er en nærmere omtale værd. Række N og O blev ikke analysert andet end kvalitativt. Række P, som er podet trinvis fra O, gav efter 32 dage de i tab. nr. 62 opforte resultater. Som man ser har man her nær total oxydation fra og med pH = 6.7 og til og med pH = 9.2. Der blev provet at føre denne nitrifikation ved pH = 9.2 videre, idet der blev podet fra P—XI til ny række S, men desværre med negativt resultat. Heller ikke podning fra P—IX til ny række R gav det onskede resultat. I begge disse rækker er oxydationen koncentrert om de midlere pH-værdier 7—8 og selv ved pH = 6.7 er der her kun en svakere oxydation.

Tabel 64.

149 — O	Podet 14/5 1925 trinvis fra 149 — N (Geimpft am 14/5 1925 mit 149 — N)		149 — P	Podet 30/7 1925 trinvis fra 149 — O (Geimpft am 30/7 1925 mit 149 — O)		
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Kvalitativ analyse efter 50 dager (Kvalitative Analyse nach 50 Tagen) Griess	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	Analyse efter 30 dager (Analyse nach 30 Tagen) Griess	NO_3 — kvælstof (NO_3 — Stickstoff) Mgr.
I	5.2	XXX	I	5.3	XXX	0.14
II	5.5	XXX	II	5.6	XXX	0.12
III	5.7	XXX	III	5.7	XXX	0.10
IV	6.0	XXX	IV	6.0	XXX	0.10
V	6.2	XXX	V	6.2	XXX	0.08
VI	6.5	XXX	VI	6.5	XXX	0.08
VII	6.7	0—X	VII	6.7	0—X	6.00
VIII	7.1	0	VIII	7.2	0	6.24
IX	8.1	0	IX	8.2	0	5.00
X	8.1	0	X	8.1	0	7.00
XI	9.2	XXX	XI	9.1	XXX	0.08
XII	≷ 9.6	XXX	XII	≷ 9.6	XXX	0.08

Prøve nr. 149.

Denne prøve bestaar av de fra den ovenfor nævnte jord utsorterte torvstykker. Jorden var helt uformuldet torv, bestaaende av røtter og andre rester, væsentlig av høiere planter. Heller ikke av denne prøve var der nok jord til bestemmelse av vandindhold, glødetap, titreringskurve etc., og der blev derfor kun utført de almindelige podningsforsøk.

Der blev podet paa vanlig maate med 5 gr. jord til ammoniumsulfatopløsning i række A, fra denne trinvis til række B og derfra igjen trinvis til række C. Den kvalitative analyse av B og den kvantitative av C er opført i tab. nr. 63. Som man ser er der i begge rækker nitrifikation i trinnene VII—XI med pH-værdier = 6.7—8.0, men der er dog ved pH = 6.7, især i C, kun en svak nitrifikation. Videre podningsforsøk fra alkalisk trin C—XI og fra neutralt trin C—VIII gav begge kun total nitrifikation i trin X med kalciumkarbonat, og det ser i det hele ut til at denne prøves nitrifikationsevne for ammoniumsulfat væsentlig er indskrænket til pH-værdiene fra 7—8.

Podning til nitritopløsninger blev utført paa vanlig maate til række N og fra denne trinvis til ny række O. Den kvalitative analyse viste her total oxydation fra

Tabel 65.

150 — P	Podet 5/9 1925 fra 150 — O — XI (Geimpft am 5/9 1925 mit 150 — O — XI)		150 — R	Podet 5/9 1925 fra 150 — O — VII (Geimpft am 5/9 1925 mit 150 — O — VII)		150 — S	Podet 5/11 1925 fra 150 — P — VIII (Geimpft am 5/11 1925 mit 150 — P — VIII)		150 — T	Podet 21/12 1925 fra 150 — S — VII (Geimpft am 21 12 1925 mit 150 — S — VII)	
Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	NO_3 — kv.stof efter 35 dager (NO_3 — Stickst. nach 35 Tagen) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	NO_3 — kv.stof efter 35 dager (NO_3 — Stickst. nach 35 Tagen) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	NO_3 — kv.stof efter 35 dager (NO_3 — Stickst. nach 35 Tagen) Mgr.	Trin (Stufe) Nr.	PH 24 t. efter podning (PH 24 St. nach Impfen)	NO_3 — kv.stof efter 33 dager (NO_3 — Stickst nach 33 Tagen) Mgr.
						III	5.6	0.16	III	5.6	0.18
						IV	6.0	0.18	IV	5.9	0.16
V	6.2	0.14	V	6.2	0.11	V	6.2	0.16	V	6.2	0.16
VI	6.4	0.15	VI	6 4	0.15	VI	6.4	0.16	VI	6.4	0.16
VII	6.8	0.10	VII	6.8	0.10	VII	6.7	7.00	VII	6.7	6.00
VIII	7.0	5.00	VIII	7.0	5.00	VIII	7.0	7.00	VIII	7.0	6.25
IX	8.1	4.75	IX	8.1	4.75	IX	8.1	7.50	IX	8.1	6.00
X	8.0	5.25	X	8.0	5.25				X	8.2	6.00
XI	8.3	0.14	XI	8.3	0.14				XI	8.2	4.00
XII	⩾ 9.6	0.14	XII	⩾ 9.6	0.14				XII	9.0	0.28

og med trin VII med pH = 6.7 til X med pH = 8.1. Efter ny trinvis overføring til række P blev denne kvantitativt analysert efter 33 dage med det i tabel nr. 64 opførte resultat. Som man ser er der i trin VI med pH = 6.5 (6.4) ikke spor av oxydation, mens trin VII med pH = 6.7 (6.6) viser total nitrifikation. Opad i rækken er der ingen nitrifikation i trin XI med pH = 9.1. En podning til ny serie R fra P—IX gav det samme resultat: Ingen nitrifikation ved pH = 6.4, men nær total ved pH = 6.7, og denne prøve har altsaa ikke evne til oxydation av nitrit ved værdier lavere end 6.5.

Prøve nr. 150.

Denne jordprøve, som bestaar av helt muldagtig jord, er som nævnt foran samlet nær mundingen av et rævehi ved Husodden paa Hopen.

Podning til ammoniumsulfatopløsninger viste i 3 rækker (A—B—C) en total oxydation til nitrat i trinnene VII (pH = 6.9) til X (pH = 8.2), men ellers intet nyt utover tidligere behandlede prøver.

Podningen til nitritopløsninger er derimot værd nærmere omtale. Den første række N blev ikke analysert. Fra denne blev der podet trinvis til ny række O, som ved kvalitativ analyse viste total oxydation av nitrit i trin VII (pH = 6.8) til XI (pH = 8.2). Fra O—VII blev podet til ny række R og fra O—XI til ny række P. Begge er analysert kvantitativt med det i tab. nr. 65 opførte resultat.

Det er paafaldende i begge disse rækker at der er total oxydation i trin VIII med pH = 7.0, men ingen oxydation i trin VII med pH = 6.8. Ved podninger fra P—VIII til ny serie S og likeledes ved podning fra S—VII til ny serie T, er der total oxydation ogsaa i trin VII med pH = 6.7, men fremdeles ingen ved lavere pH-værdier. PH-grænsen opad for oxydation synes her at ligge ved pH = 8.3. Denne værdi gir ingen oxydation, mens værdiene 8.0—8.2 delvis gir total oxydation.

Kap. III. Oversigt over nitrifikationens avhængighet av H-ionkoncentrationen i væskekulturer og nitrifikationens forekomst i jord av forskjellig surhetsgrad.

De i forrige avsnit behandlede elektive kulturer har git en række resultater, som det kan lønne sig at diskutere litt nærmere.

For de fleste prøvers vedkommende er der podet med jord saavel til ammoniumsulfat- som til natriumnitritopløsninger, og disse bør behandles hver for sig.

Bestemmelsen av grænseværdien i H-ionkoncentrationen for oxydation av ammoniumsulfat byr paa mange vanskeligheter. Ved oxydationen dannes av det neutrale ammoniumsulfat sterke syrer, enten (den svakere) salpetersyrling eller salpetersyre, samtidig som svovlsyre blir fri og opløsningens vandstofionkoncentration vil derved hurtig økes. Er derfor opløsningen ikke tilsat en passende støtpute vil denne økning i H-ionkoncentration ske saa raskt, at denne meget hurtig bringes ut over den grænse som endnu tillater disse bakteriers virksomhet, og noget kvantitativt maal for deres oxydationsevne ved en bestemt pH-værdi er det i disse tilfælder umulig at faa.

Ved tilsætning av en passende støtpute til næringsopløsningen kan man til en viss grad hindre denne raske vekst i H-ionkoncentration, og saaledes forlænge den tid hvori bakteriene kan være virksomme. Her møter os imidlertid den vanskelighet at disse bakterier er i høi grad ømfindtlige for mange av de stoffer, fortrinsvis organiske, som indgaar i de mulige støtputeblandinger. Og støtputer som citrat + natriumhydroxyd, borax + borsyre eller borat + natriumhydroxyd, der ellers vilde være fortrinlige indenfor visse pH-omraader, er av denne grund ubrukbar. Hertil kommer at man ved disse forsøk, i ethvert fald til at begynde med, maa operere med raakulturer som indeholder store mængder av vanlige jordbundsbakterier og sop, og disse organismer vil leve hoit paa mange støtputers organiske komponent, spalte den og derved helt forandre opløsningens pH.

Det er derfor ikke lykkedes os at gjennemføre vore kulturforsøk med disse bakterier med andre støtputer end den kjendte blanding av primært og sekundært fosfat,

hvor pH-værdien varierer mellem ca. 4.5 og 8.5. Desværre har de øvre og nedre partier av denne blandingsserie liten støtputeevne, og man har ikke en for disse forsøk tilstrækkelig stabilitet uten mellem pH-værdiene 6.0 (—6.3) og 7.6 (—7.8), altsaa et forholdsvis snevert omraade. En støtputeblanding, brukbar for disse bakterier mellem pH = 4 og 6, har vi desværre ikke kunnet finde, og undersøkelsene over den bakterielle nitrifikation ved disse H-ionkoncentrationer er derfor hittil meget ufuldstændige. For pH-værdier mellem 8.5 og 10 og høiere har vi som nævnt s. 59 benyttet fosfatblandinger + natriumhydroxyd. De forskjellige blandingsforhold her har imidlertid for det meste vist litet bestandige pH-værdier, og det er kun ved stadig kontrol at vi har kunnet bygge noget paa vore serier med pH-værdier mellem 8 og 10. Hertil kommer endnu den vanskelighet, at den tilsatte ammoniumsulfat i disse forholdsvis sterkt alkaliske opløsninger avgir ammoniak til luften, baade under steriliseringen og under henstand ved alm. temperatur (25° C.), i saa høi grad at det efter en tids forløp kun er smaa mængder ammoniumkvælstof igjen i opløsningen. Vi har forsøkt at omgaa denne vanskelighet ved at tilsætte smaa mængder ammoniumsulfat med korte mellemrum, men kan ikke si at det har bragt brukbare resultater, selv bortset fra den infektionsrisiko man derved løper.

Av de ovenfor nævnte grunde har vi derfor bare kunnet bestemme vandstofionkoncentrationens betydning med større nøiagtighet indenfor pH-omraadet 6—8, og kun ved anvendelse av fosfatblandinger som støtpute. De værdier som er bestemt nedenfor eller ovenfor dette omraade er vistnok av stor interesse, men kan ikke tillægges den sikkerhet som værdiene mellem pH = 6 og 8. Men selv indenfor dette omraade er det klart, at den kvantitative bestemmelse av den paa et bestemt pH-trin dannede nitratmængde byr paa vanskeligheter. Ingen støtputeblanding vil (i de for bakteriekulturer brukbare koncentrationer) helt kunne hindre forandringer i vandstofionkoncentrationen ved produktion av en saa kraftig syre som salpetersyre (og svovlsyre), og ved de optimale pH-værdier, hvor der produceres store mængder syre, vil pH-værdien forholdsvis hurtig forandres og dermed betingelsene for bakterienes fortsatte virksomhet bli helt andre og ofte ugunstigere. I en række av de i forrige avsnit givne tabeller finder man opført baade kulturenes pH ved forsøkets begyndelse og dets avslutning. Det fremgaar av tabellene (se f. eks. nr. 32 og nr. 5) at selv en saa motstandsdygtig støtputeblanding som nr. VII, med pH = 6.7, efter forsøkets avslutning jevnlig har faat sin pH-værdi trykket helt ned i værdier av 5.9—6.1, og at altsaa væsken ved avslutningen indeholder fra det 4-dobbelte til nær det 8-dobbelte antal H-ioner mot ved forsøkets begyndelse. Og støtputetrin VI, med pH = 6.5, viser f. eks. i tab. nr. 32 en pH ved forsøkets avslutning av 4.6 og i tab. nr. 31 av 4.5. Det er klart at med disse værdier er opløs-

ningens reaktion blit saa sterkt sur, at man har god grund til at anta at fortsat nitrifikation av denne grund er utelukket. I disse trin, med begyndelses-pH av 6.7—6.5, er opløsningens støtputeevne endnu saa stor, at man kan anta at en betydelig del av nitrifikationen er foregaat, før pH-værdien er sunket ned til de ovenfor nævnte værdier. Anderledes stiller saken sig i trinnene med pH < 6.0. Her er fosfatblandingenes støtputeevne relativt meget mindre, og selv en forholdsvis beskeden syredannelse vil her hurtig føre til en saa sur reaktion, at den kan hindre bakterienes fortsatte virksomhet. Av denne grund vil det være vanskelig at bestemme den nedre pH-grænse for nitrifikationen, saa længe man ikke har en egnet støtputeblanding med utpræget støtpute-evne ved pH-værdier mellem 4 og 6. De nedre pH-grænser for oxydation av ammoniumsulfat som er angit i forrige avsnit, angir derfor kun de pH-grænser, hvor oxydationen endnu kan komme igang, men de fundne nitratmængder er intet rigtig uttryk for de nitratmængder som kan dannes ved disse pH-værdier, om opløsningens reaktion her kunde holdes nogenlunde konstant. Dette sidste gjælder jo forøvrig ogsaa til en viss grad for de ved mere optimale pH-værdier fundne nitratmængder.

For den øvre pH-grænse gjælder forsaavidt ogsaa det samme. Men her vil syreproduktionen føre væskens reaktion mot mere optimale pH-værdier, og de fundne nitratmængder er større end de som kan tænkes dannet ved en konstant reaktion nær den øvre grænse. De fundne pH-grænseværdier er altsaa her i høiere grad virkelige grænseværdier, som angir den øverste pH-grænse, hvor endnu disse bakteriers oxydation av ammoniumsulfat kan finde sted.

Ved en diskussion av resultatene ved podning til ammoniumsulfatopløsninger skal vi først behandle de rækker, hvor podningen har fundet sted trinvis, d. v. s. de 2—3 første rækker for hver prøve. Som før nævnt (s. 57) podes der med 5 gr. jord til hver kolbe i rækker bestaaende av 10—12(—14) trin med forskjellig pH. Den saaledes podede første række — A-rækken — gir som regel saa sterkt farvede oplosninger, at de kvalitative nitrat- og nitrit-bestemmelser ikke kan utføres. Der podes saa fra denne A-række trinvis til ny række B, idet denne sidste række inficeres med nogen cm.^{3} oplosning fra de tilsvarende pH-trin i A-rækken. I de prøver der indeholder nitrifikationsbakterier er nitrifikationen ofte sterk allerede i mange av B-rækkens trin; men var den her endnu noget svak blev der podet trinvis paa samme maate til ny række C, og undertiden endnu en gang trinvis til ny række D. Ved disse første forsøk podes der altsaa hele tiden mellem oplosninger, hvis oprindelige pH-værdi er nær den samme, og det hele er en elektiv kulturmetode ved en række pH-værdier. Først efter at disse rækker har git klare resultater, blir der podet fra et enkelt trin til en hel ny række for at avgjøre, hvordan dette bestemte pH-trins bakterier er istand til at arbeide ved andre pH-værdier.

De ovennævnte første podningsrækker gir meget forskjellige resultater, og viser tydelig baade at der maa eksistere flere nitrifikationsbakterier med forskjellige krav til substratets reaktion, og at de enkelte jordprøvers indhold av disse bakterier er meget forskjellig. Jordprøvene kan i virkeligheten henføres til en række grupper, som adskiller sig tydelig ved de resultater som podningsforsøkene til ammoniumsulfatopløsninger gir.

Til en første gruppe (A) kan vi henføre de jordprøver som overhodet ikke formaar at sætte igang nogen nitrifikation av ammoniumsulfat, og hvor altsaa resultatet av podningen i de 2—3 første rækker er helt negativt i alle 12 trin (pH-værdier mellem 4.8 og ca. 9.6). Av de prøver som vi i dette arbeide har undersøkt, er det 5 som hører til denne gruppe uten evne til ammoniumsulfatoxydation. (Som senere skal nævnes kan to av disse heller ikke oxydere nitriter, mens de 3 andre har kraftig nitritoxydation). Disse 5 prøver, nr. 135 — 142 — 143 — 144 — 146, er alle fra naaleskog, og de 3 av dem er utprægede raahumustyper, mens de to andre er sterkt mineralholdige, sandjordagtige typer. Til denne klasse uten evne til ammoniakoxydation kan vi imidlertid ogsaa regne de mange prøver, som vi i vort tidligere arbeide (1921-a) har prøvet bare i vor modificerte Winogradsky-opløsning (med kalciumkarbonat) og her med negativt resultat. Vi har nemlig hittil ikke fundet nogen jordprøve som nitrificerer i væskekultur bare ved sur reaktion, og maa gaa ut fra at gir den ikke nitrifikation i vor modificerte Winogradsky-opløsning, vil den heller ikke nitrificere i de andre trin med surere eller mere alkalisk reaktion. Vore mere detaljerte forsøk i dette arbeide med podning til en række opløsninger med forskjellig pH ændrer altsaa ikke de resultater, vi i vort første arbeide (1921-a) kom til med hensyn til nitrifikation eller ikke-nitrifikation. Og det resultat vi der kom til ved hjælp av Winogradsky-opløsningene gjælder fremdeles. Vi maa saaledes til denne gruppe med manglende nitrifikationsevne for ammoniumsulfat regne de allerfleste jordprøver fra Vestlandets lyngmark og ogsaa mange eller de fleste fra furuskog, hvor markdækkets sammensætning av en rikere urte- eller græsvegetation ikke netop peker hen paa en, rigtignok mindre, nitrifikationsevne i jorden. Ogsaa den mere eller mindre raahumusrike granskogjord maa regnes til denne gruppe.

Den anden gruppe (B) omfatter de prøver, som i de første elektive rækker kun nitrificerer i trin X (modific. Winogradsky), eller desuten i trin IX med

rent sek. natriumfosfat. Til denne klasse hører kun 4 prøver, nemlig nr. 132 fra grasrik, god jord i furuskog ved Lysekloster i Os, nr. 134 fra lyngmark i Sveio, nr. 136 fra typisk mjelejord under raahumus i furuskog ved Kløften paa Romerike og nr. 124 fra muldagtig jord i lyngmark ved Søfteland i Os. Prøve nr. 132, række B og C er opført i tab. nr. 47 (s. 115). Prøven er karakteristisk ved at der i de første rækker ikke kommer oxydation i rent sek. natriumfosfatopløsning (IX) med pH = 7.9, men vel i trin X med kalciumkarbonat som støtpute (modific. Winogradsky), med pH = 8.1—8.2. Prøve nr. 134 (tab. nr. 58) gir oxydation ogsaa i trin IX med rent sek. fosfat. Prøve nr. 124 gir ogsaa total oxydation i trin IX med rent sek. natriumfosfat, hvis reaktion efter podning merkelig nok er bragt helt ned til pH = 7.2. Prøve nr. 136 gav desuten oxydation i trin XI med pH = 8.2. I de neutrale og sure opløsninger kom for disse prøvers vedkommende ingen oxydation ved de trinvise overføringer. For enkelte prøvers vedkommende har det ved en større række gjentagne trinvise overføringer til 5 à 6 serier efterhaanden ogsaa lykkedes at faa nitrifikation i trin IX (med rent sekundært natriumfosfat) og desuten i trin VIII, hvis pH ligger omkring 7.1—7.2 eller ned til 7.0. Et eksempel herpaa gir prøve nr. 145 (se tab. nr. 39, s. 104), som i de 4 første rækker (A—D) kun gav oxydation i trin X (mod. Winogradsky), men i den 5. række endelig ogsaa gav oxydation i trin IX og i trin VIII (pH = 7.0). Denne prøve er derfor et overgangstrin til den følgende gruppe (C).

Den tredje gruppe (C) omfatter de prøver, som allerede i de første par rækker viser en sterk til total oxydation i trin VIII med pH = 7.0—7.2, men ingen eller en mindre oxydation i det svakt sure trin VII (pH = 6.7). En overgang fra den forrige til denne gruppe har vi i prøve nr. 141, som i C-rækken (se tab. nr. 44, s. 111) gir total eller nær total oxydation ikke bare i X-, men ogsaa i IX-trinnet med rent sek. natriumfosfat, og desuten en svak, men sikker oxydation i trin VIII. Til gruppen hører provene nr. 131, 149 og nr. 151 (se tab. nr. 38, 63 og 19). Den første er muldagtig jord i *Convallaria majalis*-bestand over skiferfjeld, den anden torvjord fra Hopen (Svalbard) og den tredje er dyrket jord fra Tveit landbruksskole i Rogaland.

Den fjerde gruppe (D) omfatter prøver, som foruten nitrifikation i alkaliske og neutrale opløsninger ogsaa viser avgjort oxydation i sure opløsninger med pH-værdi mellem 6 og 7. Det er paafaldende mange prøver, som allerede i de første 2—3 rækker har en betydelig nitratproduktion i trin VII med pH = 6.7, og i flere prøver strækker denne nitrifikation sig ogsaa nedover til de surere trin VI og V, med pH-værdier 6.5—6.2. Som regel er der i denne gruppe ingen væsentlig nitratdannelse ved pH-værdier lavere end 6, men der er dog nogen prøver som viser en

ikke sterk, men dog avgjort nitratdannelse ved pH = ca. 5.5. Denne sikre nitrifikation av ammoniumsulfat ved pH = ca. 5.5 er det dog ikke i noget tilfælde lykkedes os at føre videre i flere rækker, slik som fra de mindre sure trin. (Se f. eks. 137 — E og H i tab. nr. 9). Det er vel derfor sandsynlig at denne nitrifikation ved pH < 6 skyldes bakterier, der ikke tilfredsstilles av de vekstbetingelser som de her benyttede støtputeblandinger gir.

Der er i vort materiale 13 prøver som kan nitrificere ammoniumsulfat ved pH-værdier < 7. Bortset fra ovenfor nævnte nitrifikation ved pH < 6 finder vi, at disse prøver ogsaa forholder sig noget forskjellig med hensyn til nitrifikationen ved pH-værdiene mellem 6 og 7. Den nedre grænse for denne nitrifikation ligger nemlig paa forskjellig sted for de enkelte prøver. For en del prøvers vedkommende synes den nedre pH-grænse at ligge forholdsvis høit, idet disse prøver har en ganske kraftig nitrifikation ved pH = 6.7 (trin VII), en liten, men dog sikker nitrifikation ved pH = 6.4—6.5 (trin VI) og ingen eller helt ubetydelig ved pH = 6.2 (trin V). Dette gjælder de t r i n v i s e podninger for prøve nr. 152 (tab. nr. 22), nr. 154 (tab. nr. 27), nr. 128 (tab. nr. 32), nr. 125 (tab. nr. 31) og nr. 123.

I andre prøver naar nitrifikationen ved trinvis podning ned til noget surere opløsninger, idet der som regel er dannet betydelige nitratmængder ved pH = 6.4—6.5, og selv i trin V, med pH = 6.2—6.1, er der i flere av disse prøver en sikker nitrifikation. Dette gjælder følgende prøver: nr. 153 (tab. nr. 24), nr. 121 (tab. nr. 61), nr. 130 (tab. nr. 29), nr. 137 (tab. nr. 8), nr. 139 (tab. nr. 16), nr. 122 (tab. nr. 5) og nr. 140 og nr. 147, som ikke er medtat i tabelform.

Allerede denne inddeling i grupper efter jordprøvenes nitrifikationsevne under de første trinvise podninger vækker forestillingen om, at der maa eksistere nitrifikationsbakterier med forskjellige krav til mediets surhetsgrad. I klasse B har vi repræsentert en nitrifikation, som kun kan finde sted i utpræget alkaliske oplosninger med pH > 7.0. I klasse C kommer hertil en nitrifikation, som kan foregaa omkring neutralpunktet, men ikke i sure opløsninger. I klasse D finder vi en nitrifikation, som er kraftig ved pH = 6.7, men svak ved pH = 6.4 og helt mangler ved pH = 6.2, men vi finder ogsaa i samme klasse en nitrifikation, som naar ned til mere sure opløsninger med pH = 6.0—6.2. Dette er ikke mindre end 4 forskjellige nitrifikationsomraader, og der er meget som taler for at de skyldes forskjellige bakterier. Hertil kommer saa endnu den nitrifikation, som vi har iagttat ved pH = 5.5.

I alkaliske oplosninger finder vi som regel ingen nitrifikation av ammoniumsulfat i trin med pH > 8.2, og 8.5—8.8 er derfor for alle disse prøver en grænseværdi opover i pH-skalaen for nitrifikation av ammoniumsulfat. Kun i en prøve, nr. 153,

har vi i et par rækker (C og E) fundet en betydelig nitrifikation i trin XII med pH $\leqq$ 9.4. Desværre var det ikke mulig at føre denne nitrifikation videre i nye rækker, og da pH-værdien her bare blev kontrollert ved forsøkets begyndelse og ikke senere, maa det indtil videre staa aapent om prøven har indeholdt ammoniakoxyderende bakterier, som er virksomme ved denne forholdsvis sterkt alkaliske reaktion.

Vi har ovenfor kun diskutert resultatene av de første trinvis podede rækker. Det næste skridt blir at prøve om de følgende rækker, hvor hele rækken bare er podet med et eneste trin av foregaaende række, gir nogen bekræftelse paa vor antagelse av flere forskjellige ammoniakoxyderende bakterier, med forskjellige krav til substratets reaktion. I vort tidligere arbeide (1923) har vi offentliggjort de første forsøk som støtter en slik iagttagelse, og skal her diskutere resultatene paa grundlag baade av disse før publicerte og de nu senere utførte forsøk.

Først skal her fæstes opmerksomhet ved nogen forsøk, som tydelig viser hvor sterkt nitrifikationen kan svinge mellem to nabotrin med bare litt forskjellig pH-værdi. I tab. nr. 46 (s. 113) er opført række 123 — J, hvor alle trin er podet med like store mængder av den svakt, men sikkert nitrificerende væske i 123 — H — IV (pH = ca. 6.2). Tiltrods for denne ensartede podning av alle trin har i 123 — J bare trin VI en utpræget nitrifikation, med 1.56 mgr. NO_3-kvælstof, og pH-værdien er sunket fra 6.5 til 6.0. Nabotrinnet VII derimot med kun 0.3 enheter høiere pH-værdi (6.8) har praktisk talt ingen nitrifikation og uforandret pH, og det samme gjælder alle alkalisk reagerende trin. Nabotrinnet nedad, V, med pH kun 0.2 enheter lavere har bare $^2/_3$ saa meget nitrat dannet. Det er overordentlig paafaldende at nitrifikationen skal være i den grad avhængig av vandstofionkoncentrationen, at en forandring med bare $\pm$ 0.3 enheter, det vil si nedsættelse til det halve antal H-ioner, praktisk talt helt skal bringe processen slik til ophør, at den ikke engang faar anledning til at arbeide sig ned mot mere optimal H-ionkoncentration. Og en lign. forandring med ca. $\pm$ 0.3 enheter fører til praktisk talt det samme resultat. Det reaktionsomraade, hvor denne nitrifikation foregaar, blir altsaa overraskende snevert og ligger antagelig mellem pH = 6.1 og 6.8. Nu skifter her, foruten H-ionkoncentrationen selv, ogsaa støputeblandingens sammensætning (vekslende mængder prim. K- og sek. Na-fosfat), og det kan selvfølgelig diskuteres hvilke av disse forandringer som er aarsaken til de skarpe øvre og nedre grænser og det smale optimale omraade. Men tar man hensyn til at disse grænser og disse optimale omraader i forsøk med andre jordprøver ligger ved helt andre pH-værdier, falder det naturligst at anta, at det er vandstofionkoncentrationens forandringer som her er hovedaarsaken, og at vi har her i relativ renkultur en stamme av nitrifikationsbakterier med optimum ved pH = ca. 6.4—6.5, øvre grænse ved pH = 6.7—6.8 og nedre grænse ved pH = 6.1—6.2.

Et andet eksempel paa disse grænsers skarphet gir række 131 — C i tab. nr. 38 (s. 101). Her er alle rækkens trin podet med likestore mængder av det sterkt nitrificerende trin 131 — A — VIII (pH = 6.9). Rækken C viser kraftig nitrifikation i trin VIII med pH = 7.2, men ingen i trin VII med pH = 6.7. I dette tilfælde maa altsaa nitrifikationen ha en n e d r e grænse ved en pH som antagelig ligger ved 6.7—6.8, og den maa altsaa bevirkes av en anden bakterie end den som i ovennævnte eksempel 123 — J hadde sin ø v r e grænse ved denne værdi. At nitrifikationen i 131 — C desuten naar helt op til trin IX med pH = 8.2, kan enten skyldes at denne bakterie taaler en reaktion helt op til denne værdi, eller det kan skyldes at infektionsvæsken er en raakultur av to bakterier, hvorav den ene nitrificerer omkring neutralpunktet, den anden i alkalisk opløsning. Som nedenfor skal vises kan der fremlægges materiale, som synes at støtte det sidste av disse to alternativer.

I begge de nævnte eksempler (123 — J og 131 — C) var pH-værdien = 6.7—6.8 et grænseomraade med liten eller ingen nitrifikation. Forholdet blir imidlertid mere broget naar man betragter resultatet for en anden jordprøve, nemlig nr. 137. Som tab. nr. 8 (s. 65) viser er der en nitrifikation, som med mindre værdier strækker sig ned til pH = ca. 5.9—6.1, men ogsaa med smaa værdier ved surere reaktion. Nu finder vi imidlertid i tab. nr. 10 at podning av alle trin i 137 — C med A—VIII ogsaa gir en kraftig nitrifikation ved pH = 6.7 (trin VII), og det samme er ogsaa tilfældet i 137 — F. Altsaa maa der ogsaa eksistere bakterier som kan nitrificere ved denne reaktion, som ingen av de to tidligere nævnte har greiet. Grænsen nedover er i række C ikke skarp, fordi denne række ogsaa indeholder bakterier med optimum ved pH = 6.4—6.5. I række F derimot træ r disse bakterier mere tilbake, idet den sterke nitrifikation i trin VII med pH = 6.7, i trin VI med pH = 6.4 falder til ca. $^1/_5$ av den første værdi.

I fig. 19 er grafisk fremstillet nitrifikationens forløp i en række forsøk.

Foruten de ovenfor nævnte forsøk er der en del, som paa forskjellig maate støtter hypotesen om flere bakteriestammer med forskjellige krav til H-ionkoncentrationen. I vort tidligere arbeide (1923) har vi behandlet forsøkene med jordprøve nr. 121 og kan henvise til dette arbeide. Resultatene er forøvrig gjengit i tab. nr. 60 og 61 (s. 136—37). Som man ser er der her efter trinvis overføring i den 3dje række (H) kommet to utprægede nitrifikationstrin, nemlig et ved pH = 6.7 og et ved pH = 7.7. Podning fra den sure opløsning 121 — H — VI til række 121 — J gir her en nitrifikation som rigtignok ikke er sterk, men som har et utpræget maximum ved pH = 6.6, og praktisk talt ingen nitrifikation i alkalisk opløsning. Podning fra det alkaliske trin 121 — H — IX gir i ny række 121 — K en helt ubetydelig nitrifikation i de sure trin, men en ganske sterk nitrifikation i trin X med

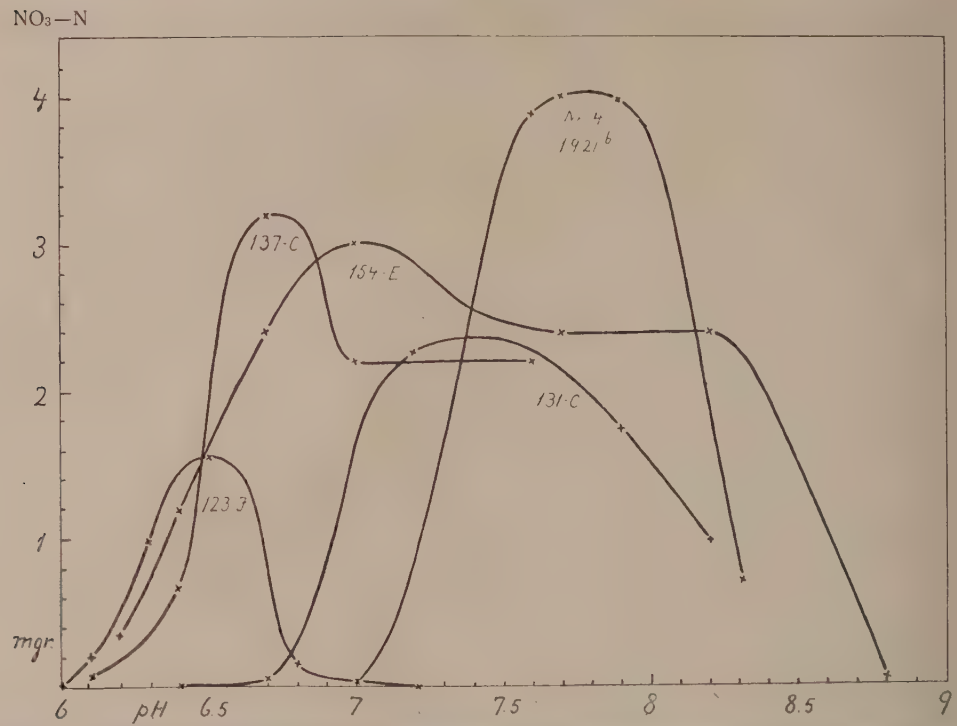

Fig. 19. Ammoniumsulfatoxydationens avhængighet av H-ionkoncentrationen. Nr. 4 — 1921 b og nr. 123 — J relativ rene kulturer, de andre mere eller mindre blandingskulturer av stammer med forskjellige krav til H-ionkoncentrationen.

(Die Abhängigkeit der Ammoniumsulfatoxydation von der H-Ionenkonzentration. Nr. 4 — 1921 b und Nr. 123 — J relativ reine Kulturen, die anderen Mischkulturen).

pH = 7.7. Resultatet av podningene til nye rækker er altsaa her avhængig av fra hvilket pH-trin i den gamle række som der blev podet. Podning fra sure trin gir nitrifikation i sure trin, men ikke i alkaliske, og podning fra alkaliske trin gir nitrifikation i alkaliske, men ikke i sure trin. En grafisk fremstilling av disse forsøk findes i vort tidligere arbeide (1923) fig. 1, s. 12.

For sammenhængens skyld skal vi ogsaa kort rekapitulere vore tidligere (1923) publicerte forsøk med prøve nr. 122. De er i det foreliggende arbeide opført i tabel nr. 5—6—7 (s. 60—63) og fremstillet grafisk i fig. 20. Den trinvise podning har i 122 — D fort til nitrifikation i en række trin med pH > 6.0. Fra 122 — D — VI podes saa til ny serie 122 — J, fra D — VIII til 122 — K og fra D — X til 122 — L. Som tab. nr. 6 viser er resultatet en nitrifikation, hvis nedre pH-grænse forskyves opover eftersom man poder fra mindre og mindre sure trin, og i række J har vi allerede en 2-toppet kurve med et maksimum ved pH = ca. 6.8 og et ved

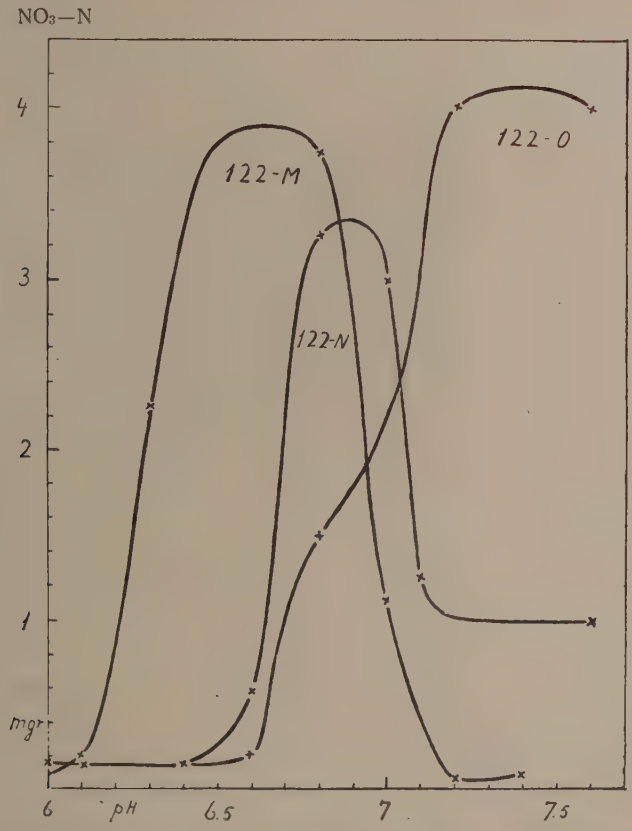

Fig. 20. Ammoniumsulfatoxydationens avhængighet av H-ionkoncentrationen hos 3 mere eller mindre rene stammer fra samme jordprøve.

(Die Abhängigkeit der Ammoniumsulfatoxydation von der H-Ionenkonzentration in 3 mehr oder weniger reinen Stämme aus derselben Erdbodenprobe).

pH = 7.6. Der blev fortsat med podning til nye serier, idet der fra J — VI blev podet til 122 — M, fra K — VIII til 122 — N og fra L — X til 122 — O. Resultatet fremgaar av tab. nr. 7 (s. 63). I række M har man faat i relativ renkultur de bakteriestammer som har sit optimum i sure opløsninger; de er rigtignok endnu tilblandet noget av den ved pH = 7.0 nitrificerende stamme, men den ved pH = 7.7 nitrificerende bakterie er traadt helt tilbake. Ved podning fra svakt sure eller alkaliske trin forsvinder den ved den laveste pH-værdi (6.4) nitrificerende bakterie, og den i helt alkalisk opløsning nitrificerende bakterie blev den dominerende (122 — O). Det er derfor neppe tvil om at vi her staar overfor flere bakteriestammer med forskjellig krav til H-ionkoncentrationen.

Videre bevis for at den i alkaliske oplosninger nitrificerende stamme ikke nitrificerer i sure opløsninger gir forsøk med prove nr. 151 (se tab. nr. 19, s. 78). Gjentagne trinvise podninger har her i 151 — C ført til en nitrifikation som ikke, eller med helt ubetydelige værdier, naar ned i sure opløsninger. Podning fra denne rækkes alkaliske trin XI til ny række 151 — D gir her kun en liten nitratmængde ved pH = 6.7, og praktisk talt intet ved lavere værdier. Derimot er det totalnitrifikation i alle de 3 alkaliske trin med pH = 8.0—8.2 (IX — X — XI).

Ikke altid er resultatene saa avgjørende. Man arbeider jo med blandingskulturer, og utfaldet av fortsatte podninger viser ofte at disse blandingskulturer holder sig som saadanne, selv om den ene av bakteriestammene kan være dominerende. Tab. nr. 27 (s. 82) og nr. 24 (s. 85) viser podningsforsøk, hvor det ikke er lykkedes at skille fra hinanden de i sure og de i alkaliske opløsninger nitrificerende bakterier. Til en viss grad synes ofte podningsresultatene at avhænge av podningsvæskens alder og den surhetsgrad, som den paa grund av den dannede salpetersyre har opnaadd. Resultatene av forsøkene med prøve nr. 145 (tab. nr. 40, s. 105), som tidligere er diskutert, kan neppe forklares paa anden maate end her er antydet.

Forsøkene synes alt i alt at retfærdiggjøre antagelsen av 4 forskjellige ammoniumsulfatoxyderende bakteriestammer, en med opt. ved pH = 6.4—6.5, en anden ved pH = 6.7—6.8 og en tredje med opt. ved pH = 7.0—7.2 og en fjerde med optimum ved pH = 7.7—7.9.

Som før nævnt er det forbundet med vanskeligheter at bestemme ammoniakoxydationens avhængighet av H-ionkoncentrationen, fordi denne sidste saa hurtig forandres som følge av syreproduktionen. Dette forhold og desuten disse bakteriers ofte lunefulde vekst i væskekulturer har ført til, at resultatene for mange prøvers vedkommende ikke er saa klare og avgjørende som ønskelig kunde være. I saa henseende er det langt lettere at arbeide med nitritoxydationen, og denne har vi derfor ofret meget arbeide i ganske omfattende kulturforsøk.

Forsøkene med nitritoxydationens avhængighet av H-ionkoncentrationen skal vi derefter kort omtale. I vort tidligere arbeide (1921-b) har vi vist hvordan nitritoxydationen foregaar over et pH-omraade fra 6.5 til ca. 8.0 med et optimumsomraade fra 6.8—7.3, altsaa omkring neutralpunktet. Den ovre pH-grænse laa i kortvarige forsøk omkring 7.8, men strakte sig ved forsøk paa 30 dage eller mere med smaa NO_3-værdier op til pH — 8.1. Den nedre grænse var meget skarp og laa ved pH = 6.5, hvor der selv ved 30 dages forsøk kun blev dannet minimale nitratmængder. Den grafiske fremstilling i fig. 2, s. 23 i vort arbeide 1921-b, viser

hvor overordentlig hurtig nitritoxydationsevnen avtar ved vandstofionkoncentrationens fordobling fra pH = 6.8.

Podningen til natriumnitritopløsninger er i de første rækker foretat trinvis paa samme maate som for ammoniumsulfatopløsningene. Og utfaldet av disse trinvise podninger er ogsaa her meget forskjellig fra jordprøve til jordprøve.

I den første gruppe prøver (A) gir de første trinvis podede rækker (N — O — P) ikke nitritoxydation i noget trin lavere end VIII med en pH-værdi fra 6.9 —7.3. Trin VII med pH-værdier 6.6—6.7 gir ingen oxydation, og i et tilfælde med pH = 6.8 er der kun en svak oxydation. Prøvene nr. 136, 142 og 145 hører til denne gruppe. De to førstnævnte er raahumusprøver fra furuskog, og den sidste er ikke-nitrificerende muldjord fra ekeskog. Ved fortsat podning fra utvalgte trin kan disse prøver gi nogen nitrifikation i trin VII med pH = 6.7, men ikke i trin med lavere pH-værdier ($\leq$ 6.4). Nr. 136 gir dog efter mange overføringer oxydation helt ned til pH = 6.2. Ganske eiendommelig er det at det er fortsatte podninger fra trin med høi pH-værdi ($\geq$ 8.0) der ofte ogsaa gir oxydation ved pH = 6.7 og 7.0, mens podning fra de neutrale til sure trin (VII—VIII) gir liten eller ingen oxydation ved pH = 6.7, men god oxydation ved pH = 7.0. En undtagelse herfra er prøve nr. 145, og den skarpe grænse, som man i række 145 — R (tab. nr. 41) finder mellem sterk oxydation i trin VIII med pH = 7.2 og ingen oxydation i trin VII med pH = 6.7, skulde tyde paa at den i vort tidligere arbeide beskrevne nitrifikation med optimum ved pH = 6.8—7.3 ikke skyldes en, men kanske to forskjellige bakteriestammer. Som vi senere skal se gir fortsatte forsøk bl. a. med nr. 136 resultater, som sterkt støtter denne antagelse.

Den anden gruppe (B) omfatter de prøver som allerede ved trinvise podninger i de første rækker gir sterk—total oxydation i trin VII med pH = 6.5—6.7, men ikke i trin VI med pH = 6.3—6.4. Hertil hører prøvene nr. 128, 130, 133[1]), 134, 140, 141, 146, 147, 148, 149 og 150. Alle disse prøver er ført videre paa den maate at hele nye rækker er podet fra enkelte bestemte trin i disse trinvise rækker. Som regel er der podet til ny række en eller flere gange, baade fra sure og neutrale trin (VII—VIII) og fra alkaliske trin; men i intet tilfælde er der opnaadd at faa nitrifikation i lavere trin end VII med pH = 6.5—6.7. Dermed maa ansees godtgjort at denne klasse prøver er karakteristisk ved som regel bare at indeholde nitrifikationsbakterier virksomme ned til pH = 6.7—6.5, og med pH = 6.5 som absolut nedre grænse for nitritoxydationen, og som regel er det først pH-værdiene 6.7—6.6 som

[1]) Denne prøve hører til gruppe C, forsaavidt som den i nr. 133 — O (tab. nr. 55) gav nitrifikation i trin VI, med pH = 6.4; men da i senere forsøk (tab. nr. 56 og 57) denne nitrifikation ved pH = 6.4 hurtig forsvandt, er prøven regnet til B-gruppen.

gir oxydation. Tab. nr. 17 (s. 75), nr. 18 (s. 75), nr. 30 (s. 88), nr. 34 (s. 94), nr. 42 (s. 108), nr. 43 (s. 110), nr. 45 (s. 112), nr. 56 (s. 131), nr. 57 (s. 131), nr. 59 (s. 134), nr. 60 (s. 136) og nr. 62 (s. 139) viser eksempler herpaa.

Disse prøver staar i skarp motsætning til tredje gruppe (C). I denne gruppe finder vi en række prøver, som allerede i de første trinvis podede rækker har en tydelig nitritoxydation ogsaa i trin V med en pH = 6.1—6.2 eller i trin VI med pH = 6.3—6.4. De av disse prøver (nr. 137, s. 64, nr. 143, s. 123) som nitrificerer i trin VI med pH = 6.4, men ikke i trin V med pH = 6.2, er allikevel tat med her, fordi de følgende rækker av disse prøver allikevel gir nitrifikation i trin V ved pH = 6.2, og altsaa derved adskiller sig fra forrige gruppe (B), hvor de ved pH = 6.5 nitrificerende prøver ikke gav nitrifikation i følgende rækker ved pH = 6.2. De andre prøver i gruppe C nitrificerer med engang ned til pH = 6.1—6.2 (nr. 129, s. 96, nr. 151, s. 77, nr. 152, s. 80, nr. 153, s. 83, nr. 154, s. 85).

Det er værd at merke at 4 av de 5 med en gang ved pH = 6.2 nitrificerende prøver er fra dyrket jord (akerjord) og samlet paa samme eiendom (Tveit landbruksskole i Rogaland).

Det er meget som taler for at denne oxydation av nitrit ved pH < 6.5 skyldes andre bakteriestammer end den nitritoxydation, som foregaar ved pH = 6.5. For det første har vi altsaa her virkelig et godt skille mellem de prøver, som i de første trinvis podede rækker nitrificerer helt ned til pH = 6.1—6.2, og de prøver hvormed vi overhodet hverken i de trinvise eller de senere podede rækker faar en nitrifikation ved denne værdi. En grænseværdi av pH = 6.5 er her saa meget mere sandsynlig, som vi i vort tidligere arbeide (1921-b) har fundet pH = 6.5 som nedre grænse for den bakteriestamme som vi dengang arbeidet med (se nævnte arbeide, fig. 2, s. 23). Nu er det saa at vi i vore forsøk arbeider med blandingskulturer, og podninger fra bestemte pH-trin for at bringe en enkelt bakteriestammes reaktionskrav paa det rene vil derfor i de fleste tilfælder være podning med blandingskulturer, og derfor gi uklare resultater. Mange av de i tabellene opførte forsøk er av denne art. Imidlertid er der en del forsøk, hvor podningsvæsken synes at ha været en relativt ren kultur av en bakteriestamme, og hvor derfor resultatene er av betydelig interesse. En del av disse skal behandles nærmere.

I mange rækker finder vi en utpræget forskyvning av oxydationsomraadet, eftersom der blev podet fra trin med forskjellig pH. I tab. nr. 52 er opført resultatene for prøve nr. 143. Her er række 143 — R podet fra det sure trin 143 — P — VI, med pH = 6.4, og den gir en næsten total nitritoxydation helt ned til trin V, med pH = 6.2. Række 143 — S, som er podet fra det alkaliske trin 143 — P — X gir total nitritoxydation bare ned til trin VII, med pH = 6.7. Helt

tilsvarende resultater gir forsøkene med prøve nr. 152, som er opført i tab. nr. 23. Podning fra det forholdsvis sterkt sure trin 152 — P — V gir i 152 — R oxydation ned til og med trin V, med pH = 6.2, mens podning fra det alkaliske 152 — P — XI i 152 — S gir oxydation bare ned til og med trin VII, med pH = 6.7. Og endelig finder vi et helt tilsvarende resultat i tab. nr. 26, hvor forsøkene med prøve nr. 153 er opført. I alle disse tilfælder er der en utpræget forskyvning av oxydationsomraadets nedre grænse, og for den ene prøves, nr. 152, vedkommende ogsaa en forskyvning av dets øvre grænse, idet 152 — S har totaloxydation i trin XII med pH > 9, mens oxydationen i 152 — R kun naar op til trin XI med pH = 8.3. Det fremgaar av disse forsøk at podning fra det sure trin V, med pH = 6.1—6.2, gir oxydation helt op til trin XI med pH-værdier ca. 8.1—8.3, men ikke til trin XII med pH-værdi > 9. Det samme fremgaar av forsøket 151 — R i tab. nr. 20. I et enkelt forsøk, 154 — U i tab. nr. 28, har imidlertid podning fra et V-trin ogsaa git oxydation helt op til trin XII med pH = 9.3. (Se fig. 21). Denne samme tabel (nr. 28) viser at man for at faa utelukket den i sterkt alkaliske opløsninger foregaaende oxydation, maa gaa til podning fra endnu surere trin. Her har nemlig i 154 — T en podning fra det forholdsvis sterkt sure trin 154 — P — IV, med pH = 6.0, git oxydation bare i trin V—VIII, med pH-værdier = 6.2—7.0; de bakterier som virker ved pH-værdier > 8 er ved denne podning utelukket. (Se fig. 21). Utfaldet av dette forsøk paa bakgrund av de ovenfor nævnte, viser os tydelig at den nitritoxydation som foregaar ved pH-værdier > 8.0 maa være en anden og være bevirket av andre bakterier end den som finder sted ved pH < 8.0. Og i de følgende forsøk vil man finde resultater, som bekræfter dette.

For det første er der et forsøk med prøve nr. 137 (tab. nr. 14), som har git oxydation bare ved pH-værdier > 8.0. Som tabellen viser er der her podet fra det sure 137 — NW—VI, med pH = 6.4, til rækken 137 — NY og man har dermed i denne faat nitritoxydation i alle trin fra VI—XII eller ved pH-værdier = 6.4—9.6. Podning fra forholdsvis sterkt alkaliske trin 137 — NW — XI, med pH = 8.9, har derimot i række 137 — OP git nitritoxydation bare i trinnene X og XI med pH = 8.2 —8.8 og intet i de neutrale eller sure trin (se fig. 21). Dette forsøk kan vanskelig tolkes anderledes end at den i alkalisk opløsning ved pH > 8 virkende bakterie maa være en anden end den eller de stammer, som virker ved pH-værdier < 8. At utfaldet av de to rækkers XII-trin er forskjellig beror sikkert paa at disse trin har en noget forskjellig reaktion. De er begge opført med pH = 9.6, men det er temmelig sikkert at det fra alkalisk oplosning podede XII-trin i OP-rækken er noget mere alkalisk end det tilsvarende trin i NY-rækken, som er podet fra sur oplosning. Her er det altsaa ved en relativ ren kultur av de i sterkt alkalisk opløs-

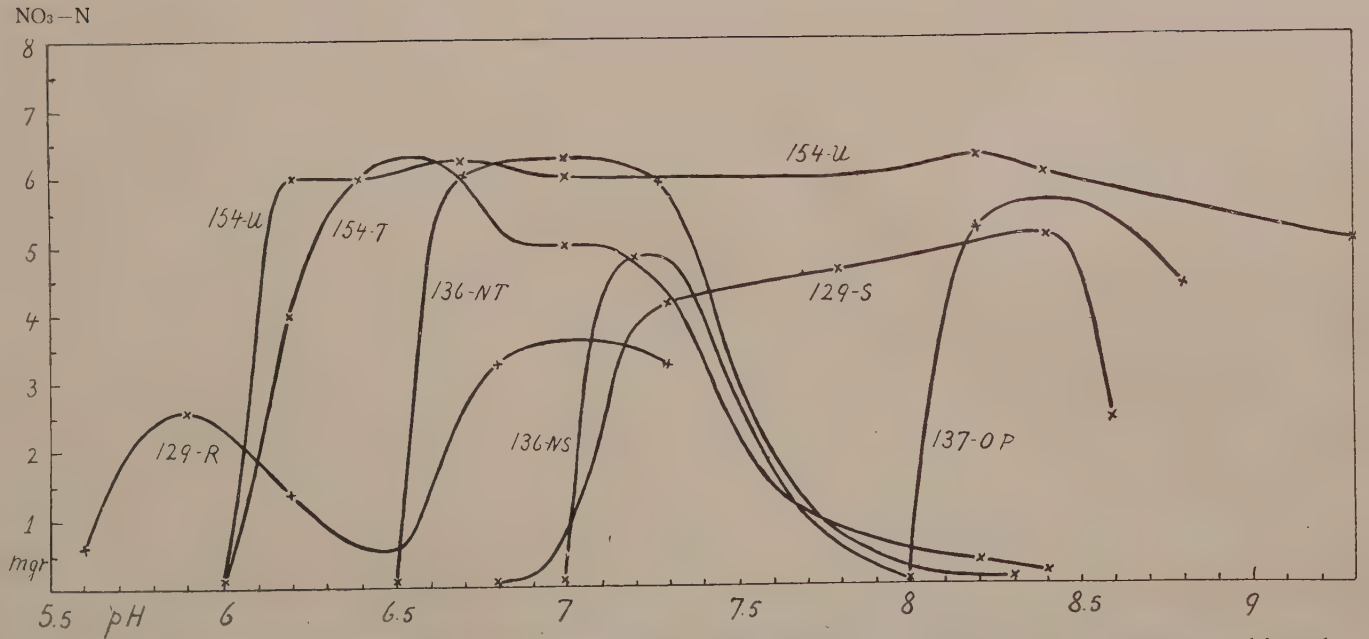

Fig. 21. Nitritoxydationens avhængighet av H-ionkoncentrationen i en række forsøk, dels med relativt rene bakteriestammer, dels med blandingskulturer av flere stammer.

(Die Abhängigkeit der Nitritoxydation von der H-Ionenkonzentration in einer Reihe Versuchen, teils mit relativ reinen Bakterien-Stämmen, teils mit Misch-Kulturen mehrerer Stämme).

ning virkende bakterier vist, at disse maa være en egen stamme. Paa samme maate er der i nogen andre forsøk lykkedes at faa frem relativ rene kulturer av de bakterier, som virker omkring og litt over neutralpunktet. Et par av dem skal nævnes. I tab. nr. 49 er sammenstillet 4 forsøk med prøve nr. 136. Her er 136 — Ø podet med trin VII fra 136 — U og gir et overraskende resultat med total oxydation kun i et trin, nemlig Ø — VIII med pH = 7.1, og ingen oxydation i nogen av de andre trin, selv ikke i trin VII med pH = 6.7. En ny podning fra 136 — Ø — VIII til ny række 136 — NS gir nøiagtig samme resultat, med oxydation kun i trin VIII med pH = 7.2 (se fig. 21). Resultatet av disse to rækker kan vanskelig tolkes paa anden maate, end at det virkelig er en bakteriestamme som i sin oxydation av nitriter er saa avhængig av reaktionen, at den kun kan utføre den ved H-ionkoncentrationen svarende til en pH-værdi omkring 7.1—7.2 og ikke ved den noget mere end dobbelte H-ionkoncentration, svarende til pH = 6.7. Denne bakteriestamme vi her har for os maa være forholdsvis meget ren, men desværre ikke helt ren. I den næste række, 136 — NT, podet fra NS — VIII, er der nemlig igjen oxydation ogsaa ved pH = 6.7 og desuten litt ved pH = 8.3 (se fig. 21). Altsaa har kulturen ikke været ren, og andre bakterier er igjen kommet med i spillet. Fortsatte forsøk med samme prøve er opført i tab. nr. 50. Her er 136 — OP — IX med opgit pH = 8.4 benyttet som utgangskultur. Nu maa det merkes at dette trins utgangs-pH ligger uvanligt høit, og i løpet av forsøket vistnok er faldt med ca. 0.2—0.3 enheter; men opløsningen har selvsagt allikevel hele tiden beholdt en utpræget alkalisk reaktion. Allikevel har podningen fra dette trin i række 136 — OT git en oxydation, som utelukkende er knyttet til det neutrale trin VIII med pH = 7.0. At dette trin imidlertid ikke har været rent, men fremdeles indeholdt bakterier fra det alkaliske trin OP — IX, viser den næste række 136 — OU. Tiltrods for at denne er podet med trin OT — VIII (som eneste oxyderende i sin række) har denne nye række sterk eller tildels total oxydation i alle trin fra V—XII eller ved pH-værdier av 6.2—9.2. Dette utfald er jo meget paafaldende og kan kun forklares ved at anta at kulturen, tiltrods for at den overveiende bestod av de ved pH = 7.0 virksomme bakterier, allikevel har indeholdt tilstrækkelig av de ved andre pH-værdier virksomme stammer, og at disse saa er »blomstret op« i den nye række. Utfaldet av forsøk som 136 — Ø, 136 — NS og 136 — OT kan vanskelig forklares paa mere end en maate, nemlig som bevis for tilstedeværelsen av en bakteriestamme, som kun oxyderer nitriter optimalt ved pH-værdier fra ca. 7.0—7.3. Ogsaa i en række andre forsøk, som her ikke skal tages med i tabelform, er det fundet et skarpt skille mellem en sterk oxydation i trin VIII, med pH = 7.0—7.3, og ingen oxydation i trin VII, med pH = 6.7—6.8. Prøve nr. 129 — S i tab. nr. 35 gir her et godt eksempel. Vi kan derfor vanskelig opretholde enheten av den i vort tid-

ligere arbeide 1921-b beskrevne nitritoxydation mellem pH-værdier = 6.5 og 7.8 (—8.0), med optimum ved pH-værdier fra 6.8—7.3. De ovenfor nævnte forsøk synes sikkert at vise at der inden dette omraade er to bakteriestammer virksomme, og at den ene av disse har sit optimum ved pH = 7.0—7.3 og sin nedre grænse ved ca. 6.8. Den anden har antagelig sit optimum ved pH = ca. 6.8 og sin nedre grænse ved pH = 6.5. Til disse bakteriestammer kommer saa sandsynligvis en 3. stamme, som har sit optimale pH-omraade ved pH = ca. 6.3 og den nedre grænse ved pH = 6.0—6.1. Et enkelt forsøk, 129 — R, tab. nr. 35, tyder paa, at der er en 4. bakteriestamme med optimum ved pH ca. 5.9 og nedre grænse omkring pH = 5.5—5.6, men der er bare dette eneste tilfælde vi har fundet saa tydelig nitritoxydation ved en pH-værdi lavere end 6.0 (se fig. 21).

Til disse bakteriestammer kommer der saa sikkert en stamme, som oxyderer i forholdsvis sterkt alkaliske opløsninger, d. v. s. ved pH > 8.0. Vi har her nitritoxydation ved en række trin med pH = 8.2—9.2. Den øvre grænse er ikke sikkert bestemt. I enkelte tilfælder er der oxydation i trin med en begyndelses pH $\geq$ 9.6, men erfaringsmæssig er denne værdi litet stabil, og vi har derfor ikke med sikkerhet fulgt denne oxydation høiere op end til pH = 9.2—9.3. Dog er der i et forsøk (137 — NY, tab. nr. 14) med totaloxydation i trin XII, med pH $\geq$ 9.6 ogsaa ved pH-kontrol ved forsøkets avslutning, godtgjort at der her er en sterk nitritoxydation ved denne pH-værdi. Hvorvidt denne oxydation i dette brede reaktionsbelte fra pH = 8.2—9.6 skyldes en eller flere bakteriestammer kan vi ikke avgjøre paa grundlag av vort nuværende materiale, idet fremstillingen av flere støtputetrin med smaa pH-intervaller over dette omraade ikke har været mulig at realisere med den for dette spørsmaal nødvendige nøiagtighet og sikkerhet.

Vore elektive kulturforsøk i støtputeholdige væsker har altsaa tydelig vist, at den bakterielle oxydation av ammoniumsalte og av nitriter er i meget sterk grad avhængig av næringsopløsningens vandstofionkoncentration. Rigtignok finder vi i vore forsøk tilsammenlagt en kraftig oxydation over et saa vidt pH-omraade som fra ca. 6.2—ca. 9.2 eller høiere. Det er her under arbeidet hittil ikke lykkedes os at bringe disse bakterier i varige, absolutte renkulturer med effektiv oxydationsevne i fosfatopløsninger.[1]) Men de talrike forsøk, som vi har utført med mere eller mindre rene raakulturer, berettiger til antagelsen av at denne oxydation

[1]) Ved en række specielle forsøk er det lykkedes paa agarplater med fosfatstøtpute-agar at isolere og dyrke langsomt voksende kolonier av disse bakterier; men den videre kultur av disse renkulturer i næringsopløsninger er ikke lykkedes.

er bevirket av en række forskjellige bakteriestammer, som hver har sine bestemte krav til substratets H-ionkoncentration. Og det synes som om de fleste av disse stammers reaktionsomraade maa være relativt meget smalt, og ofte blot strækker sig over ca. 0.5 pH-enheter. Ammoniumsulfatoxydation har vi kunnet paavise ved lave pH-værdier mellem 4.0 og 6.0. Men denne oxydation har sjelden optraadt i vore kulturer, og vi har ikke kunnet føre den videre. Først over pH = 6.0 finder vi oxydation av ammoniumsulfat, som lar sig føre videre fra kultur til kultur. Vi har da først et oxydationsomraade mellem pH-værdiene 6.0 og 6.8 som yttergrænse (med praktisk talt ingen oxydation), og et optimum ved pH = 6.5. Denne oxydation er i mange forsøk (se f. eks. 123 — J i tab. nr. 46) saa skarpt bundet til disse pH-værdier, at den uten tvil maa være bundet til en bestemt bakteriestamme. Vi har her betegnet denne bakterie med bokstavet γ. Et andet omraade for ammoniumsulfatoxydation har sin nedre grænse ved pH = 6.5, sit optimum ved 6.7—6.8 og en øvre, ikke sikkert bestemt grænse ved pH = ca. 7.2—7.3. Dette omraade er ogsaa meget skarpt fiksert (se f. eks. forsøk 122 — N i tab. nr. 7), og skyldes en bakteriestamme som vi har kaldt β. Endelig har vi en bakteriestamme α, som har sit optimum ved pH = 7.7—7.9 og en nedre grænse som antagelig ligger lidt over neutralpunktet eller ved pH = 7.0 —7.2. Foruten disse stammer er der antagelig en, hvis optimum ligger omkring 7.0—7.2, og hvis nedre grænse er 6.8, men denne er i raakulturer saa ofte tilblandet de stammer som virker i sideomraadene, at det ikke er mulig at studere den nærmere før absolutte renkulturer foreligger. Disse 4 stammer har vi nævnt allerede i vore tidligere arbeider (1921-a og 1923) og har herunder forutsat, at den øverste grænse for α-stammen ligger noget over pH = 8 antagelig ved ca. 8.3—8.5. Dette var saaledes som regel den øverste pH-grænse for oxydationen av ammoniumsulfat. Som tidligere nævnt har vi dog i et enkelt forsøk fundet oxydation av ammoniumsulfat ved pH-værdier > 9.0. Da det for disse omraader har været vanskelig at fremstille brukbare støtputetrin med konstant pH, har vi ikke kunnet med sikkerhet angi denne stammes optimumsomraade eller grænser, og vil derfor foreløbig ikke betegne den med navn eller nr. Ialt kan vi altsaa av vore forsøk slutte eksistensen av 5—6 forskjellige, ammoniakoxyderende bakteriestammer med sine pH-omraader beliggende mellem pH = ca. 4 og 9.6; men det bør her præciseres at hovedomraadet for ammoniakoxydation ligger mellem pH = 6 og 8.

For nitritoxydationens vedkommende er forholdene tilsvarende. Ogsaa her ligger hovedoxydationsomraadet over pH = 6.0, men i enkelte forsøk har vi fundet en oxydation med optimum ved ca. 5.9 og nedre grænse ved ca. 5.5—5.6. Fra og med pH = 6.1 og opover finder vi hyppigere oxydation, og denne strækker sig ikke bare til pH = 8.0—8.5, men i flere tilfælder ogsaa op til pH = 9.2 eller endog til

pH $\gtrless$ 9.6. Men ogsaa denne oxydation maa skyldes forskjellige bakterier. Vi har flere prøver, hvis oxydation med en gang foregaar ned til pH = 6.1—6.2, og som derfor sikkert beror paa en bakterie med nedre grænse pH = 6.0. Denne bakterie, som vi kan betegne med — a —, har antagelig et optimum ved pH = ca. 6.3—6.4, men nøiagtigere kan det foreløbig ikke angives. Det er imidlertid mange prøver, hvor nitrifikationen kun naar ned til pH = 6.5, og vi har derfor sikkert en bakterie — b —, hvis nedre grænse ligger ved denne værdi. Denne bakterie har vi tidligere forutsat hadde sit optimum ved pH = 6.8—7.3, men vi maa anta at det er endnu en bakterie inden dette omraade, og at denne bakterie, betegnet som — c —, har sin nedre grænse ved pH = ca. 6.8—7.0 og sin øvre grænse ved pH = ca. 7.7—7.9. Bakterien — b — har antagelig optimum ved pH = ca. 6.8—7.0 og — c — et optimum ved ca. 7.2—7.3. Der er imidlertid ogsaa i vore forsøk bakterier, som oxyderer nitriter ganske sterkt ved pH-værdier ca. 7.6—7.9, men denne stamme har vi ikke kunnet faa engang tilnærmelsesvis i renkultur, og vil foreløbig ikke gi den noget navn. Derimot er det sikkert en bakteriestamme — d —, som har en nedre grænse ved pH = 8.0, sit optimum ved pH = 8.2—8.4 og øvre grænse ved pH = 8.7—8.9. Og endelig er der sikkert stammer — en eller to — som kan oxydere ved pH-værdier $\geq$ 9.0, og hvorav den ene muligens har sin øvre grænse ved pH = ca. 9.2—9.4. Vi skulde efter dette altsaa ogsaa for nitritoxydationen ha 6—7 bakteriestammer med hver sine krav til substratets vandstofionkoncentration og tilsammen dækkende over omraadet pH = 5.5—9.6.

I vort tidligere arbeide (1923) har vi diskutert de av os fundne optimale reaktionsomraader for nitrifikationen i sammenligning med de faa angivelser som da forelaa i literaturen, og gjort opmerksom paa de uoverensstemmelser som der var mellem vore resultater og andre forskeres. Ved de forsøk, som ovenfor er gjennemgaat, er denne uoverensstemmelse for en stor del faldt bort. Vi fandt tidligere at det høiest beliggende optimale pH-omraade for nitritproduktion laa under pH = 8 (ved 7.7—7.9), mens MEYERHOFS arbeider (1916—17) viste at det laa over denne værdi. Som foran nævnt har vi nu i flere forsøk fundet en betydelig nitrifikation ogsaa ved pH-værdier mellem 8 og 9, og vi har her sandsynligvis repræsentert den stamme eller en del av de stammer, hvis optimum MEYERHOF lægger ved pH = 8.4—8.8. Nitratdannelsens optimum la MEYERHOF ved pH = 8.4—9.3, mens vi dengang la det ved pH = 6.8—7.3. Efterat vi i vore ovenfor skildrede forsøk ogsaa har fundet en stamme (d) med nedre grænse ved pH = 8.0, optimum ved 8.2—8.4 og øvre grænse ved 8.9, og desuten i mange forsøk en kraftig nitratdannelse med øvre grænse ved pH = ca. 9.2—9.4, er det ingen tvil om at dette er den eller de stammer som

MEYERHOF har arbeidet med. Og da vi i enkelte forsøk har set saavel nitritdannelse, som nitratdannelse i opløsninger med pH > 9.6, kan det neppe være tvil om at der foregaar bakteriel nitrifikation ogsaa ved disse sterkt alkaliske reaktioner. Selvfølgelig er disse bakterier vel rene sjeldenheter i de fleste av vore jordtyper. Men vi nærmer os hermed de av MEEK og LIPMAN (1922) angivne værdier med nitrifikationsbakterier, hvis optimum ligger ved pH = 12—13. Der forekommer i Amerika (bl. a. Californien) efter nyere undersøkelser jordarter med en aktuel pH > 10, og eksistensen av de sterk alkalisk reaktion krævende bakterier, som de nævnte forskere har konstatert, blir derved meget sandsynliggjort.

Det er ogsaa meget sandsynlig, at der eksisterer nitrifikationsbakterier med krav til adskillig surere reaktion end vi har fundet. GERRETSEN (1921) sætter den nedre pH-grænse for nitrifikationen til pH = 3.9—4.5. Han har utført en række forsøk med podning av jord til næringsopløsninger med fosfatstøtpute. Men det synes som om han her kun har podet *en* gang og ikke ført forsøket videre ved fortsatte elektive kulturer. Det er os heller ikke klart om hans pH-værdier gjælder næringsopløsningen før eller efter podningen. I første tilfælde har værdiene ingen betydning, da væskens reaktion ofte forandres betydelig ved indføringen av jord. Imidlertid er disse forsøk beskrevet og utført noksaa kort, og gir os ikke mulighet for en mere indgaaende bedømmelse og sammenligning med vore resultater. I det hele synes dog GERRETSEN at ha hat i sine forsøk omtrent de samme stammer som vi har hat.

Stort set har vi fundet at den nedre grænse for den av os studerte væskenitrifikation ligger ved pH = 6. Dette er de ved de laveste pH-værdier virkende stammers nedre grænse. Og forsaavidt stemmer dette med den kjendsgjerning, som nu er bekræftet av saa mange undersøkelser, at de kraftig nitrificerende jordarter har en neutral eller bare svakt sur reaktion. De sterkt sure jordarter med nitrifikation er undtagelser.

Imidlertid foreligger der nu spredt i literaturen adskillige angivelser om ganske kraftig nitrifikation i jordtyper med meget sur reaktion. Av betydelig interesse er et arbeide av FRED og GRAUL (1916), hvor der foreligger opgaver over nitrifikation i sur jord; men desværre mangler her pH-bestemmelser og det er derfor vanskelig at bedømme de der meddelte data. Fra vore naboland har vi (f. eks. C. OLSEN 1921, BARTHEL 1917 og 1918, WEIS 1924, CLARKE 1924 og andre) eksempler paa jordnitrifikation ved pH helt ned til 3.6—4.0. Og vi har selv i vort materiale en prøve sandjord fra granskog (nr. 141), som tiltrods for sin lave aktuelle pH = 4.5 allikevel har en meget kraftig jordnitrifikation.

Denne prøve nr. 141, fra granskog i Strinda i Trøndelagen er tat av sandjord under et ca. 5 cm. tykt levende mosdække og 3—5 cm. tyk raahumus av mos og barnaaler. Prøven indeholder ved indsamlingen 47.6 mgr. NO_3 og efter 30 døgns lagring 119.5 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^{3} jord. Væskekulturer viser at jorden av de ammoniakoxyderende bakterier kun indeholder de stammer som oxyderer ved pH > 7, og der er selv i 3. kulturrække (C) intet spor av salpetersyre dannet ved pH < 6.7 og ned til pH = 5.0. Der blev av nitritoxyderende bakterier kun fundet de stammer som oxyderer fra pH = (6.5)—6.7 og op til pH = 8.4, men der var ikke spor av nitritoxydation ved pH < 6.4 og ned til 5.5. Enten maa denne prøves jordnitrifikation skyldes bakterier som oxyderer ved lav pH (<5.0), eller jorden er saa rik paa »centrer« med svakt sur—neutral reaktion (se nedenfor), at de bakterier med krav til neutral-alkalisk reaktion, som denne sure jord merkelig nok er saa rik paa, allikevel har gode livsbetingelser i jorden. Vi kommer nedenfor tilbake hertil.

Spørsmaalet blir derfor om jordens aktuelle reaktion (pH) — slik som den bestemmes i vandig opslemning — overhodet har nogen lovmæssig betydning for jordens nitrifikationsevne. Her forekommer det os at vore forsøk tydelig har vist, at en jordarts aktuelle pH-værdi ikke sier noget sikkert om dens evne til at nitrificere eller ei. Vistnok gir det analysemateriale, som vi har publicert i denne avhandling, et indtryk av at der eksisterer en ganske god sammenhæng mellem jordens aktuelle pH og dens nitrifikation. Det viser sig nemlig at 8 prøver med ingen eller bare spor av jordnitrifikation efter 30 dage, har en gjennemsnitlig pH = 4.9. 6 jordprøver med jordnitrifikation fra 5—50 mgr. NO_3 pr. liter har en gjennemsn. pH = 5.9, og 9 jordprøver med en jordnitrifikation > 50 mgr. NO_3 har en gjennemsn. pH = 6.0, og her er altsaa netop den g j e n n e m s n i t l i g e pH-værdi for god jordnitrifikation, naadd op til den nedre grænse for vanlig væskenitrifikation. Denne »overensstemmelse« er imidlertid kun tilsynelatende. Der er blandt de kraftig nitrificerende prøver nogen med aktuel pH langt ned mod 5, og endog en med pH = 4.5, og blandt de ikke-nitrificerende ogsaa en prøve med pH = 6.2. Det materiale som her er benyttet, stammer for en stor del fra andre kanter av landet end Vestlandet. Og tar vi for os det materiale som vi publicerte i vort tidligere arbeide (1921-a), vil vi finde at av 91 prøver har de 54 med ingen jordnitrifikation en g j e n n e m s n i t l i g pH = 5.9, mens 21 med en jordnitrifikation av 5—50 mgr. NO_3 pr. liter har en gjennemsn. pH = 6.1, og 16 prøver med jordnitrifikation > 50 mgr. har en gjennemsn. pH = 6.0. I dette materiale er der altsaa ingen væsentlig gjennemsnitlig pH-forskjel mellem nitrificerende og ikke-nitrificerende prøver, eller rettere sagt forskjellen er saa liten at den ikke har spor av betydning, naar man tar hensyn til gjennemsnittets feil. Aarsaken til denne uoverensstemmelse mellem vort

tidligere materiale og vort nu fremlagte beror paa materialets sammensætning fra forskjellige klima-, vegetations- og jordbundstyper. Det er nemlig paafaldende at meget av den vestlandske lyngmark, bortset fra rene raahumuslag, ofte bestaar av en sterkt sand- eller mineralblandet humusrik eller næsten torvagtig jord, hvis aktuelle pH ligger overraskende høit, meget ofte over 5.5 eller endog over 6.0. Det samme gjælder mange andre prøver av skogjord m. m. fra Vestlandet. Tiltrods for denne høie pH-værdi savner disse prøver næsten altid nitrifikationsevne, og det er meget sandsynlig at disse jordtyper (især de sandholdige, mere eller mindre torvagtige typer av lyngmark) mangler nitrifikation, ikke paa grund av sin reaktion, men paa grund av at deres humus stammer fra et plantesamfund (lyngmark), hvis avfaldsstoffer hindrer eller er direkte til skade for nitrifikationen. Hvor lyngsamfundet ikke er tilstede eller hvor det er kvalt av andre indvandrede samfund (græs, plantet naaleskog m. m.), vil nitrifikationen efterhvert komme igang, omend til en begyndelse kun med relativt liten intensitet.

Selv om man nu kan gaa ut fra at jord med forholdsvis høi pH under enkelte plantesamfund ikke nitrificerer paa grund av at plantenes avfaldsstoffer er direkte skadelige for bakteriene, staar der dog igjen at forklare det forhold at der som nævnt er prøver med meget lav pH som nitrificerer ganske godt, selv prøver med aktuel pH fra 4.5 og ned til 3.6.

Naar det er tale om sterkt sure jordprøver med god nitrifikation, maa man skarpt skjelne mellem de prøver, hvor der ved en gangs analyse (kvalitativt eller kvantitativt) findes rikelig nitrater tilstede, og de prøver hvor man ved lagringsforsøk finder en sterk nitrattilvekst i jord, hvis aktuelle pH allerede ved lagringens begyndelse er meget lav. I de første prøver er det mulig at en sterk nitrifikation i den til at begynde med ikke saa sure jord ved den producerte syre har gjort en støtputefattig jord sterkt sur, og at den lave pH man finder samtidig med analysen her er en følge av nitrifikationen. Ikke faa av de angivelser som foreligger i literaturen om nitrifikation i meget sur jord kan tolkes i denne retning, idet lagringsforsøk med gjentagne pH-bestemmelser mangler. Det er f. eks. paafaldende at Weis (1924) i sine indgaaende og meget interessante undersøkelser over nitrifikationen i danske bokeskoger finder meget av den sterkeste nitratreaktion i den sureste jord, og at denne har den bedste bokebevoksning. Det vilde være meget interessant og avgjorende for tolkningsresultatene om indgaaende undersøkelser over nitrifikation ved lagring og med kulturforsøk i væske ved forskjellige pH-værdier kunde bli utført med nogen av disse jordtyper.

At der imidlertid, omend kanske relativt sjelden, forekommer jordarter som virkelig er istand til at nitrificere ved en meget sur reaktion, har vi foran (s. 110)

set eksempel paa. Den der anførte prove nr. 141 viste nemlig en sterk lagringsnitrifikation, tiltrods for at dens aktuelle pH laa saa lavt som ved 4.5, og endskjønt denne jord er en sterkt mineralholdig jord med mulighet for mange neutrale »centrer«, er det allikevel mulig at der her er virksom en bakteriestamme som arbeider ved sterkt sur reaktion.

Spørsmaalet blir om der virkelig foregaar en nitrifikation i sur jordvæske med denne lave pH, eller om man kan tænke sig at der selv i slik sur jord forekommer, f. eks. om mineralpartikler av basisk art som centrer, smaa-omraader med en meget mindre sur reaktion og f. eks. en pH = 6—7. Nitrifikationen kunde da tænkes foregaa ved disse smaa centrer, og er disse talrike nok vil der selvfølgelig kunne bli en ganske kraftig nitrifikation. Tilstedeværelsen av slike centrer med henimot neutral reaktion vil ikke gi sig klart tilkjende ved bestemmelsen av jordens aktuelle pH, der jo foretages i en vandig jordopslemning. Men det er meget sandsynlig at de eksisterer. Arnd har saaledes i flere av sine publikationer (1917, —18, —19) ganske kort fremkastet den tanke, at der i jord som er tilført $CaCO_3$ vil eksistere »Kalknester«. Den sikre, men forholdsvis svake nitratdannelse han finder i Moorboden, som er tilsat for litet kalk til at reaktionen har ændret sig væsentlig i gunstig retning, tilskriver han nitrifikation i spredte »Kalknester«. Først ved rikelig kalkning blir disse »Kalknester« saa talrike at nitrifikationen naar betydelige værdier.

Hvorvidt slike centrer alene kan være aarsaken til den nitrifikation som findes i sterkt sur jord med pH $\gtrapprox$ 5 tør vi her ikke uttale os om, da vi ikke har hat anledning til at gjøre væskeforsøk ved saa lave værdier. Men det er jo ogsaa mulig at der i disse jordprøver findes bakterier med evne til at nitrificere ved saa lave pH-værdier. De faa iagttagelser vi har gjort i denne retning kan tyde paa dette.

Imidlertid vil tilstedeværelsen av slike centrer gi en god forklaring paa den overensstemmelse det er mellem væskenitrifikationens nedre grænse ved pH = 6, og den nitrifikation man ofte finder i jordprøver med litt lavere pH, f. eks. ved værdier 5.5—6.0. Gaar man nemlig gjennem alt det materiale som foreligger om jordnitrifikationen, faar man indtrykket av at den nedre pH-grænse for nitrificerende jordarter ligger noget lavere end den av os i væskekulturer fundne grænse av pH = 6, og kanske for jordnitrifikation ligger nærmere pH = 5. Kan vi derfor anta, at i jordarter hvis aktuelle pH ikke er lavere end 5—6, der vil svakt sure eller neutrale centrer med pH = 6—7 kunne tænkes at forekomme i tilstrækkelig mængde, saa vil bakterier med krav til pH > 6 allikevel kunne leve og nitrificere i denne jord, hvis aktuelle pH i vandig opslemning vi maaler til værdier < 6. Vi kan da gaa ut fra at den i væskekulturer fundne grænse av pH = 6 stort set er i overensstemmelse

med at det først er svakt sur — neutral jord som har betydelig nitrifikation. Undtagelsen fra denne regel skyldes da enten forekomsten av centrer med mindre sur reaktion i den ellers sterkt sure jord, eller muligens eksistensen av bakteriestammer med evne til nitrifikation ved sterkt sur reaktion.

Forekomsten av svakt sure — neutrale centrer i den nitrificerende sure jord maa efter vor mening sikkert kunne spille en betydelig rolle for nitrifikationen. Det er imidlertid vanskelig at paavise dem og maale dem kvantitativt. Til en viss grad kunde man haape at de vilde gjøre sig gjældende i jordens titreringskurve, og kanske især vise sig i den grafiske fremstilling av jordens støtputeevne (se s. 23). Det er at vente at jordprøver der har litet av støtputer mot syretilsætning, hvor altsaa pH falder sterkt fra den aktuelle værdi selv ved smaa syretilsætninger, der vil nitrifikationen ved sin syreproduktion ogsaa hurtig gjøre reaktionen saa sur at nitrifikationsprocessen hører op. Til gjengjæld skulde de jordprøver hvor støtputeforraadet i omraadet omkring den aktuelle pH er forholdsvis stort, være vel skikket for nitrifikation (forutsat at den aktuelle pH ikke laa for lavt). Desværre lar en slik sammenhæng mellem støtputeevne og nitrifikation sig ikke saa regelmæssig paavise at man kan slutte noget om en lovmæssighet her. I vort tidligere arbeide har vi git en oversigt over støtputeevnen maalt ved den syremængde som skal til for at sænke jordens pH fra den aktuelle værdi og ned til pH = 4. Men vi fandt ingen lovmæssig sammenhæng mellem disse værdier og prøvenes nitrifikationsevne. Og vi kan heller ikke si at der er nogen lovmæssig sammenhæng mellem støtputeevnen slik som den fremgaar av de grafiske fremstillinger (s. 28) og prøvenes nitrifikation. Her er imidlertid materialet endnu for litet. Desuten maa man erindre at de av os benyttede metoder er makro-metoder og ikke tilpasset paavisningen av de smaa centrer for nitrifikation som vi kan anta eksisterer i jorden.

Vi er fremdeles av den mening at der er en betydelig sammenhæng mellem jordprøvenes nitrifikationsevne og egnens og fjeldunderlagets geologiske karakter. I egne med kalkrikt skiferfjeld eller med en ikke for sterkt utvasket lerjord er nitrifikationsevnen meget hyppigere tilstede og langt sterkere end i egne, hvor underlaget er »sure« bergarter eller sterkt utvaskede glaciale avleiringer. I hvilken grad dette skyldes kalkens eller de andre næringssalters indflydelse direkte paa nitrifikationsbakteriene eller de samme salters indflydelse paa plantesamfundets sammensætning, er ikke godt at avgjøre. Sandsynligvis har man en dobbeltvirkning, slik at mangelen av kalk og andre næringssalter baade skaper en for nitrifikationsbakteriene ugunstig (for sur) jord, og desuten fremmer et plantesamfund

(Calluna, Vaccinium, naaletrær) hvis avfaldsprodukter er direkte skadelige for bakterienes trivsel.

Tilstedeværelsen av kalk og andre forbindelser kan i egne med f. eks. skiferfjeld selv i noksaa s u r e prøver være lokalisert til mere eller mindre talrike centrer (smaa mineralpartikler) og derved muliggjøre god nitrifikation selv i prøver med lav pH. I egne med sure bergarter eller utvaskede avleiringer vil derimot mineralcentrer, selvom de er tilstede, ikke gi den nødvendige høie reaktion fordi kalk og let opløselige alkaliforbindelser mangler eller er for sparsomt tilstede i centrerne.

Det vil her føre utenfor rammen av dette arbeide at gaa nærmere ind paa diskussionen av nitrifikationen og de betingelser som fremmer eller betinger processen i jordbunden. Vi har ved vore forsøk først og fremst søkt at komme til klarhet over nitrifikationsbakterienes krav til vandstofionkoncentrationen i væskekulturer, for dermed at vinde grundlaget for videre arbeide med nitrifikationsprocessen i jordbunden. Det vil endnu kræves omfattende og tidrøvende analysearbeider for gjennem eksakte forsøk at utforske de faktorer, som i jordbunden er de avgjørende for nitrifikationens proces. Vi haaper ved hjælp av det grundlag som vi ovenfor har faat, i senere arbeider at komme tilbake i ethvert fald til visse sider av dette spørsmaal.

Literaturfortegnelse.

Aaltonen, V. T.:

1925 Über den Aziditätsgrad (pH) des Waldbodens. Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae 9. Helsingfors 1925.

1926 Über die Umsetzungen der Stickstoffverbindungen im Waldboden. Communicationes ex instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae 10. Helsingfors 1926.

Arnd, Th.:

1917 Über die Entstehungsweise salpeter- und salpetrigsaurer Salze in Moorböden. Landwirtschaftliche Jahrbücher Bd. 51, 1917.

1918 Über Salpeterbildung in Moorböden. Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche. 1918.

1919 Zur Kenntnis der Nitrifikation in Moorböden. Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, II. Abt., Bd. 49, 1919.

Arrhenius, O.:

1922 Bodenreaktion und Pflanzenleben. Leipzig 1922.

1923 Några bidrag till kännedomen om sambandet mellan markreaktionen och vissa kulturväxters utveckling. Meddelande nr. 245 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Stockholm 1923.

1926 Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum. Leipzig 1926.

Barthel, Chr.:

1917 Bidrag til frågan om stallgödselkvävets nitrifikation i åkerjorden. I. Meddellande Nr. 150 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Bakteriologiska laboratoriet Nr. 17. 1917.

1918 Bidrag til frågan om stallgödselkvävets nitrifikation i åkerjorden. II. Meddellande Nr. 172 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Bakteriologiska laboratoriet Nr. 19. 1918.

Biilmann, Einar:

1920 Kinhydroners brinting. Kobenhavns Universitets Festskrift i anledning af Universitetets Aarsfest november 1920. (København 1920).

1924 On the measurement of hydrogen ion concentrations in soil by means of the quinhydrone electrode. The Journal of Agricultural Science, v. XIV, Part II, p. 232 (1924).

1927 L'électrode à quinhydrone et ses applications. Bull. Soc. Chim. de France, 1927.

Biilmann, Einar et *Lund, Hakon:*

1921 Sur l'électrode à quinhydrone. Annales de Chimie (9) t. **15**, p. 321 (1921).

Biilmann, Einar and *Krarup, Inger:*

1924 The temperature coefficient of the quinhydrone electrode. Journ. Chem. Soc., London, v. **125**, p. 1954 (1924).

Biilmann, Einar et *Langseth Jensen, A.:*

1927 Sur le potentiel l'électrode à quinhydrone par rapport à l'électrode à hydrogène. Bull. Soc. Chim. de France, t. **41**, p. 151, 1927.

Biilmann, Einar and *Tovborg Jensen, S.:*

1927 On the determination of the reaction of soils by means of the quinhydrone electrode. Comptes rendus de la deuxième Commission de l'Association Internationale de la Science du Sol. Groningen 1927, Volume B.

Bjerrum, N. og *Gjaldbæk, J. N.:*

1919 Undersøgelser over de faktorer som bestemmer jordbundens reaktion. Den kgl. Veterinær- og Landbohøiskoles Aarskrift 1919. København 1919.

Bornebusch, C. H.:

1925 Skovbundsstudier. VI. Surhedsgrad og kvælstofomsætning paa skovbundstyperne i Bogeskov. Det forstlige forsøgsvæsen i Danmark. Bind **8**, hefte 2. 1925.

Brenner, W.:

1924 Über die Reaktion finnländischer Böden. Memoires sur la nomenclatur et la classification des sols. Comité internat. de Pedologie IV Commission No. 8. Helsingfors 1924.

1927 Odlingsjordarnas reaktion i Finland. Bulletin of the agrogeological Institution of Finland, No. 21, Helsingfors 1927.

Brioux, Ch. et *Pien, L.:*

1926 Emploi de l'électrode à quinhydrone pour la determination du pH des sols. Compt. rend. de la deuxième Commission de l'association internationale de la Science du Sol. Vol. A. Groningen 1926.

1927 Recherches complimentaires sur l'électrode à quinhydrone appliquée à la determination du pH des sols. Compt. rend. de la deuxième Commission de l'Association Internationale de la Science du Sol. Vol. B. Groningen 1927.

Christensen, H. R.:

1923 Undersøgelser vedrørende nogle nyere fremgangsmaader til bestemmelse af jordens reaktion og kalktrang. Tidsskrift for landbrugets planteavl. Bd. **28**, 1923.

Christensen, Harald R. og *Tovborg Jensen, S.:*

1923 Undersøgelser vedrørende elektrometriske metoder til bestemmelse af jordreaktionen. 172. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, København 1923.

1926 On the quantitative determination of the lime requirement of the soil. Comptes rendus de la deuxième Commission de l'Association Internationale de la Science du Sol. Groningen 1926, Volume A, p. 94.

Christophersen, Erling:

1925 Soil reaction and Plant Distribution in the Sylene National Park, Norway. Transactions of The Connecticut Academy of Arts and Sciences. Vol. **27**. 1925.

Clarke, G. R.:

1924 Soil acidity and its relation to the production of nitrate and ammonia in woodland soils. Oxford Forestry Memoirs 1924, No. 2.

Clark, W. Mansfield:

1922 The Determination of Hydrogen Ions. Sec. Edition, Baltimore, 1922.

Frank, Eugen:

1927 Über Bodenazidität im Walde. Freiburg i/Br. 1927.

Fred, E. B. and *Graul, E. J.:*

1916 Some factors that influence nitrate formation in acid soils. Soil Science Vol. I, 1916.

Gaarder, Torbjørn og *Hagem, Oscar:*

1921-a Salpetersyredannelse i udyrket jord. I. Orienterende analyser. Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstation nr. 4, 1921.

1921-b Versuche über Nitrifikation und Wasserstoffionenkoncentration. Bergens Museums Aarbok 1919—20. Naturvidenskabelig række nr. 6.

1923 Nitrifikation in sauren Lösungen. Bergens Museums Aarbok 1922—23. Naturvidenskabelig række nr. 1.

Glømme, H.:

1925 Om jordsmonnet paa forsøksgaarden Møistad, Hedmark fylke. Meldinger fra Norges Landbrukshøiskole 1925, h. 1.

1926 Om jordsmonnet paa forsøksgaarden Vollebæk og grønsakeforsøkenes forsøksfelt i Aas. Meldinger fra Norges Landbrukshøiskole. 1926, nr. 5.

Hesselman, Henrik:

1926 Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården. Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt. H. 22, nr. 5. 1926.

Iversen, Thor:

1926 Hopen (Hope Island), Svalbard. Resultater av De norske statsunderstøttede Spitsbergen-ekspeditioner. Bd. I, nr. 10. Det norske videnskapsakademi, Oslo 1926.

Koppel, M. und *Spiro, K.:*

1914 Über die Wirkung von Moderatoren (Puffern) bei der Verschiebung des Säure-Basengleichgewichtes in biologischen Flüssigkeiten. Biochem. Zeitschr. **65**, 409—439, 1914.

Lindeman, Johs.:

1926 Om jordbundens pufferevne. Beretning om Nordiske jordbruksforskeres forenings 3. kongres. Kjøbenhavn 1926.

Linderstrøm-Lang, K.:

1925 Maalinger med kinhydronelektroden. Medd. fra Carlsberg Laboratoriet. Bd. **16**, nr. 3, 1925.

Meek, S. Carolyn and *Lipman, Charles B.:*

1922 The relation of the reaction and of salt content of the medium on nitrifying bacteria. The Journal of General Physiology. Vol. V, No. 2, 1922.

Meyerhof, O.:

1916—17 Untersuchungen über den Atmungsvorgang nitrifizierender Bakterien I—III. Pflüg. Arch. **164** (1916), **165** (1916), **166** (1917).

Michaelis, Leonor:

1914 og 1922 Die Wasserstoffionenkonzentration. 1. Utgave, Berlin 1914, 2. Utgave I. Del, Berlin 1922.

Müller, P. E.:

1924 Bidrag til de jydske hedesletters naturhistorie. Det kgl. danske videnskabernes selskab. Biologiske Meddelelser IV, nr. 2. 1924.

Nemec, Antonin og *Kvapil, Karel:*

1924 Biochemische Studien über die Azidität der Waldböden. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen, 1924.

Olsen, Carsten og *Linderström-Lang, K.:*

1927 Om nøiagtigheden af de forskellige metoder til maaling af brintionkoncentrationen i jord. Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet, Bd. 17, nr. 1, 1927.

Olsen, Carsten:

1921 Studier over jordbundens brintionkoncentration og dens betydning for vegetationen, særlig for plantefordelingen i naturen. Medd. fra Carlsberg Laboratoriet 1921.

Oswald, Hugo:

1926 Åkerjordens reaktion och kalkbehov. Sveriges allmänna landbrukssällskaps skrifter no. 30.

van Slyke, Donald D.:

1922 The measurement of buffer values and the relationship of buffer value to the dissociation constant of the buffer and the concentration and reaction of the buffer solution. Journ. Biol. Chem. **52**, 525—570, 1922.

Sørensen, S. P. L., Sørensen, Margrethe et *Linderstrøm-Lang, K.:*

1921 Sur »l'erreur de Sel« inhérente à l'électrode à quinhydrone, Ann. de Chim. (9) t. **16**, p. 283. 1921.

Sørensen, S. P. L. og *Linderstrøm-Lang, K.:*

1924 Om bestemmelsen og størrelsen af π_o ved elektrometriske maalinger af brintionkoncentrationen. Medd. fra Carlsberg Laboratoriet. Bd. **15**, nr. **6**, 1924.

Tovborg Jensen, S.:

1924 Om bestemmelsen af jordens stødpudevirkning. 177. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, København 1924.

Tovborg Jensen, S.:

1925 Undersøgelser over kalciumkarbonats reaktionsændrende virkning i jordbunden. 192. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur, København 1925.

Veibel, Stig:

1923 The quinhydrone electrode as a comparison electrode. Journ. Chem. Soc. London, Vol. **123**, p. 2203, 1923.

Weis, Fr.:

1924 Undersøgelser over jordbundens reaktion og nitrifikationsevne i typiske danske bøgeskove. Meddelelser fra dansk skovforenings gødningsforsøg. IV. København 1924.

Zusammenfassung.

KAP. I.

Die Analyse der eingesammelten Erdbodenproben.

Die Arbeit bringt eine Fortsetzung unserer früheren Publikation über Nitrifikation in unbebautem Erdboden (1921-a) und der inzwischen erschienenen Arbeiten über den Einfluss der Reaktion auf die Oxydationsfähigkeit der Nitrifikationsbakterien (1921-b und 1923).

In den zwei letzten Arbeiten haben wir gezeigt, dass die Wasserstoffionenkonzentration des Mediums für die Tätigkeit der Nitrifikationsbakterien von entscheidender Bedeutung ist, und dass es tatsächlich von diesen Bakterien mehrere Arten oder Stämme gibt, die jede für sich verschiedene Ansprüche an die Reaktion des Substrates machen.

Das Material für die neuen Untersuchungen bildet eine Reihe von Bodenproben die wir in verschiedenen Teilen Norwegens eingesammelt haben. Im Ganzen sind bei den früher publizierten Untersuchungen (1921-a) und in der hier vorliegenden Arbeit 142 Bodenproben von 98 verschiedenen Lokalitäten untersucht worden. Die Verteilung dieser Proben auf die verschiedenen Bodentypen ist auf S. 10—11 aufgeführt. Hier ist auch in Tab. 1 eine Übersicht über die recht verschiedenen Niederschlags- und Temperaturverhältnisse in den für die Einsammlung der Proben in Betracht kommenden Teilen unseres Landes zusammengestellt worden.

Bei sämtlichen Proben wurden Wassergehalt, durch Trocknen bei 100—105° C, Glühverlust und Aschegehalt bestimmt. In unserer früheren Publikation haben wir gezeigt, dass der Humusgehalt (Glühverlust) der Proben auf die Form der Titrierungskurven grossen Einfluss hat, und im Ganzen ist der Glühverlust und der Aschegehalt für die verschiedenen Bodentypen derart charakteristisch, dass wir in unserem Materiale diese beiden Faktoren immer bestimmen. Wir haben ausserdem das Verhältnis zwischen Glühverlust (G) und Asche (A): $\frac{G}{A}$ für jede Probe berechnet, und in der Tabelle 2 (S. 12) sind für sämtliche Proben diese oben erwähnten Faktoren aufgeführt. Wassergehalt, Glühverlust und Asche (A) sind hier in Prozenten von der frischen Erde berechnet; gleichzeitig ist aber auch der Asehegehalt A_1 in Prozenten von der wasserfreien Erde berechnet, aufgeführt.

Wie dieser Tabelle zeigt, sind in unserem Materiale die Proben von gebautem Erdboden meist von dem gewöhnlichen mineralreichen Typus mit einem Aschegehalt (A_1) von ungefähr 90 % und dem Verhältnis $\frac{G}{A} < 1$.

Die Proben von Laubwalderde haben auch meist denselben hohen Aschegehalt, und Ausnahmen sind hier nur die stark torfhaltigen Proben aus einem alpinen Birkenwalde. Die Proben von Nadelwalderde sind wie gewöhnlich von zwei Typen. Entweder sind sie sehr mineralreich mit einem Aschegehalt (A_1) von 80—90 %, oder sie sind reine Rohhumusproben mit einem Aschegehalt (A), der meist nicht 10 % übersteigt.

Die Proben von Heideerde haben einen überraschend hohen Aschegehalt indem die meisten von ihnen relativ viel Sand enthalten, und es sind nur wenige Proben bei denen $\frac{G}{A} > 1$ ist.

Zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration der Bodenproben haben wir uns in den letzten 5—6 Jahren fast ausnahmslos der Kinhydronelektrode von BJILMAN bedient, indem die Wasserstoffplatinelektrode aus mehreren Ursachen bei unseren Versuchen nicht brauchbar war. Wo die Art der Lösungen es möglich machte, sind auch zur Kontrolle Bestimmungen mit der kolorimetrischen Methode oder mit der Wasserstoffplatinelektrode ausgeführt worden.

Im Ganzen hat sich bei diesen Untersuchungen die Kinhydronelektrode als sehr brauchbar erwiesen. Wir haben hierbei den Vorschriften, die von BJILMAN und seinen Mitarbeitern gegeben sind, genau gefolgt, (vergl. Litteratur S. 169) und seit 1923 die von STIG VEIBEL empfohlene Kinhydronstandardelektrode pH = 2.03 als Vergleichselektrode benutzt. Fig. 1 (S. 20) zeigt das von uns benutzte Elektrodengefäss.

Um die Fähigkeit, mit der die Böden ihre Reaktion festhalten, zu bestimmen, haben wir die Titrierungskurven der einzelnen Bodenproben bestimmt und hierbei die in unserer früheren Arbeit (1921-a) beschriebene Methode benutzt: In einer Reihe weithalsiger Flaschen mit Glasstopfen werden Bodenproben gleichen Gewichtes (bez. Volumens) abgewogen. Eine der Flaschen wird mit einer bestimmten Menge ausgekochtem, destilliertem Wasser gefüllt, die anderen dagegen mit dem gleichen Volumen destilliertem Wasser mit genau bestimmten, steigenden Mengen Salzsäure (HCl) oder Kalkwasser ($Ca(OH)_2$). Die Flaschen werden im Laufe von 48 St. mehrmals gut geschüttelt und danach die Wasserstoffionenkonzentration der Bodenaufschwemmung mittelst der Kinhydroneelektrode bestimmt. Durch die dabei gewonnenen Werte wird die Titrierungskurve der Böden (für HCl und $Ca(OH)_2$) aufgezeichnet. Wir haben bei diesen Bestimmungen in jeder Flasche 15 (30) Gr. Erde abgewogen. Wir finden es aber hier richtiger gleich grosse Volumina der verschiedenen Böden zu verwenden und am besten wird es dann sein, in jeder Flasche z. B. 15 (30) Cm^3 Erde und 50 (100) Cm^3 Wasser (bez. Säure- oder Basenlösung) zu verwenden. Es ist ja die räumliche Verteilung der Nährstoffe und Pufferstoffe im Erdboden, d. h. die Menge die z. B. in jedem Liter Boden enthalten ist, die hier interessieren, und mit dem von Boden zu Boden sehr variierenden Gehalt von Pufferstoffen lassen sich vergleichbare Bestimmungen nur mit gleichgrossen Volumina ausführen.

Um ein eventueller Zusammenhang zwischen Pufferkapazität und Nitrifikation in den Böden nachspüren zu können, haben wir die Pufferkapazität bei einer Reihe Proben untersucht.

Als Masseinheit für die Pufferkapazität benutzen wir hierbei die Menge 0.1 n Salzsäure resp. 0.1 n Kalziumhydroxyd (in Cm^3), die notwendig ist um den pH der Bodenaufschwemmung (15 Cm^3 Boden und 50 Cm^3 Wasser- bez. Säure- oder Basenlösung) mit 0.3 Einheiten zu ändern. Die hierzu erforderlichen Säure- resp. Kalkwassermengen sind natürlich auf jedem Punkte der Titrierung verschieden, und es muss daher immer auch der absolute pH-Wert angegeben werden. Die Pufferkapazität wird also auf jedem Punkte der Titrierung durch 2 Zahlen angegeben, und zwar erstens durch den pH der betreffenden Titrierungsstufe und zweitens durch die Anzahl $Cm.^3$ 0.1 n HCl bez. 0.1 $Ca(OH)_2$, die notwendig ist, um hier den pH mit 0.3 Einheiten zu ändern und also die Wasserstoffionenkonzentration zu verdoppeln resp. auf die Hälfte zu vermindern. Die hierzu notwendige Säure- resp. Kalkwassermenge lässt sich mit Hilfe von dem auf Seite 24 abgebildeten, auf Celluloid eingeritzten, Massstabe den Titrierungskurven entnehmen und die Pufferkapazität des Bodens lässt sich dann graphisch aufzeichnen wie in den Diagrammen in Fig. 4—5, 7—8, 11 und 15. In diesen Diagrammen ist der aktuelle pH der Bodenproben mit einem Kreuz bezeichnet. Es muss hier bemerkt werden, dass solche Diagramme nur innerhalb gewisser pH-Grenzen die Pufferkapazität des Bodens richtig angeben. Bei Konstruktion einer Titrierungskurve für reines Wasser (50 Cm^3) mit 0.1 n HCl oder $Ca(OH)_2$ zeigt sich nämlich, dass diese Mischung von Wasser mit Säure resp. Lauge auch eine bedeutende Pufferkapazität hat, jedoch nur bei pH-Werten kleiner als 3.5 und grösser als 10.5. Innerhalb diesen pH-Grenzen, also in dem pH-Gebiete, das uns hier interessiert, ist die Pufferfähigkeit des Wassers so klein, dass sie für die Konstruktion der oben erwähnten Diagramme ohne Bedeutung ist. Alles im allen glauben wir, dass diese Diagramme über die Pufferkapazität einen ganz guten Einblick in die recht verschiedene Pufferfähigkeit der einzelnen Böden geben und daher zusammen mit der Titrierungskurve Verwendung finden dürfen.

Seite 26—40 sind eine Reihe Titrierungskurven und Pufferkapazitätdiagramme

diskutiert worden. Fig. 3 zeigt eine Titrierungskurve (127) für stark torfhaltige Wiesenerde bei Nesttun mit ihrer besonders aus Fig. 4 hervorgehenden äusserst starken Pufferkapazität bei pH ca. 6.3—6.5 und sehr kleinen Pufferkapazität zwischen pH = 6 und 4. Kurve 130 in Fig. 3 zeigt als Gegensatz hierzu die Titrierungskurve und Fig. 5 das Pufferkapazitätdiagramm für Wiesenerde über kalkreichem Schiefer in Asker bei Oslo. Diese Probe zeigt sowohl oberhalb wie unterhalb ihres aktuellen pH in einem weiten pH-Gebiete reiche Puffermengen. Die zwei Proben bilden die extremen Typen von Wiesenerde, die eine (127) stark torfhaltig mit hohem Humusgehalt und niedrigem Aschegehalt, die andere (130) mineralreich mit einem sehr niedrigen Humusgehalt.

Fig 6 gibt die Titrierungskurven und Fig. 7—8 die Pufferkapazitätdiagramme für zwei Proben Tonböden, von denen die eine (139) aus den oberen Schichten einer Wiese stammt, die andere (140) dagegen unverwittertes, blau gefärbtes Ton aus den unteren Teilen einer grossen Terasse ist. Endlich ist in Fig. 9 die Titrierungskurve für Mjele-Erdboden (sehr feinen Sand) in einem Acker auf Romerike (Ost-Norwegen) gegeben.

Titrierungskurven für Laubwalderde sind in Fig. 10, 12 und 13 gegeben. Die Proben aus West-Norwegen (125 und 128) zeichnen sich wie Fig. 10 zeigt durch einen relativ flachen Verlauf der Kurven bei pH zwischen 6—8 aus und haben hier, wie das Diagramm in Fig. 11 zeigt, sehr grosse Puffervorräte. Dasselbe gilt für die Proben aus Laubwald über kalkreichen Schiefer (Fig. 12) von Asker bei Oslo, während die Kurven für Erde aus Eichenwald (Fig. 13) hier einen etwas steileren Verlauf zeigen.

In den Figuren 14 und 16 sind Titrierungskurven für verschiedene Kieferböden gegeben. Mit Ausnahme von Probe 135, die eine reine Rohhumusprobe ist, und Probe 143, die aus Streudecke besteht, sind diese Proben gewöhnlich mineralreiche Walderde und sie zeigen meist alle bedeutende Puffervorräte oberhalb des aktuellen pH, sehr kleine Pufferkapazität dagegen zwischen dem aktuellen pH und pH 3.

In unserer ersten Arbeit (1921-a) findet man auch Titrierungskurven für reine Podsolböden aus Kieferwald. In dieser Arbeit sind auch so viele Kurven für Heideerde gegeben, dass wir hier nur die in den Figuren 17 und 18 dargestellten Kurven mitnehmen. Auch diese Böden haben oberhalb des aktuellen pH grosse Puffervorräte, und z. B. bei Probe 138 sind nicht weniger als 15 Cm^3 0.1n $Ca(OH)_2$ pro 15 Cm^3 Boden notwendig, um die Reaktion in die Nähe des Neutralpunktes zu bringen. In den nicht besonders sauren Proben Nr. 134 und 133 wird die Reaktion durch 15—20 Cm^3 0.1 n $Ca(OH)_2$ auch nicht bedeutend über den Neutralpunkt gebracht.

Die Reaktions- und Pufferverhältnisse der verschiedenen Böden werden durch die gegebenen Titrierungskurven und Pufferkapazitätdiagramme ganz gut charakterisiert. Jedoch gehört zu einer genügenden Charakterisierung auch der aktuelle pH des Bodens und diesen Wert haben wir daher für sämtliche von uns untersuchte Proben in der Tabelle 3 (S. 42) zusammengestellt und können hier auf diese Tabelle verweisen.

Die Produktion von Ammoniak und Salpetersäure sind für sämtliche Proben durch Lagerungsversuche untersucht worden. Wir haben 200 Cm^3 Boden auf 500 Cm^3 fassende Erlenmeyerkolben gefüllt und nach Aufbewahren 30 Tage im Termostat bei 25° C den Gehalt an Ammonium- und Nitrat-Stickstoff bestimmt. Die dabei gefundenen Werte geben mit Abzug des ursprünglichen Inhaltes von diesen Stoffen einen annähernd richtigen Ausdruck für die Ammoniak- und Nitratproduktion der Probe. Natürlich sind diese Werte nur annähernd richtig, indem grössere oder kleinere Ammoniak- oder Nitratmengen schon während der Lagerung von den Pilzen und Bakterien des Bodens verbraucht werden, und dieser Verbrauch von Probe zu Probe variiert und sich nicht bestimmen lässt. In einer Reihe von Proben sind auch Lagerungsversuche nach Zusatz von Ammoniumsulfat ausgeführt worden, indem auf 200 Cm^3 Boden 10 Cm^3 einer 10 prozent. $(NH_4)_2SO_4$-Lösung unter mehrmaligem Umrühren der Erde mittelst einer feinen Brause verteilt wurde. Dieser Zusatz gibt 21.2 Mgr. N pro Kolbe oder 106 Mgr. N auf jedem Liter Boden. In der Tabelle 4 (S. 49) sind die Resultate der Lagerungsversuche zusammengestellt worden. Es ist hier der Inhalt (in Mgr.) von NH_3 und NO_3 auf 1000 Cm^3 Boden aufgeführt. Für Ammoniak (NH_3) kommen nacheinander die Anfangswerte und die Werte nach 30 Tagen Lagerung, für NO_3 dagegen erst der Anfangswert, dann der Wert nach 30 Tagen ohne Zusatz und zuletzt der Wert nach 30

Tagen Lagerung mit Zusatz von 10 Cm³ der oben erwähnten $(NH_4)_2 SO_4$-Lösung. Die Ammoniakbestimmung ist nach der Methode von VALMARI, die Nitratbestimmung nach der Phenol-Schwefelsäuremetode von GRANDVAL und LAJOUX ausgeführt worden. Wir haben in unserer früherer Arbeit (1921-a) diese letzte Methode mit ihren Vorteilen und Mangeln ausführlich diskutiert und können daher auf diese Arbeit (S. 163—165) hinweisen.

Wie die Tabelle Nr. 4 zeigt, ist in den meisten Proben gebauten Erdbodens die Nitrifikationsfähigkeit bei Lagerung eine recht grosse, indem die 10 untersuchten Proben bei der Einsammlung einen durchschnittlichen NO_3-Gehalt von 13.7 Mgr., nach Lagerung aber durchschnittlich 99.2 Mgr. NO_3 aufweisen.

Die Proben von Laubwaldboden sind unter einander sehr verschieden, haben aber bei Lagerung ihren Nitratgehalt von durchschnittlich 5.8 Mgr. auf 49.9 Mgr. erhöht. Es sind von den hier untersuchten 37 Proben wohl nur 2 die keine Nitrifikationsfähigkeit besitzen (Nr. 145—146), während 4 andere Proben (19—34—101—107), die, obwohl sie bei der Lagerung keine Nitratproduktion zeigen, jedoch ihrer starken Nitrifikation in Nährlösungen wegen eine bedeutende Nitrifikationsfähigkeit haben müssen. Wahrscheinlich wird hier bei Lagerung die produzierten Nitratmengen durch nitratassimilierende Pilze und Bakterien verbraucht.

Nadelwaldböden sowohl aus Fichten- wie aus Kieferwald haben eine ganz unbedeutende Nitrifikationsfähigkeit, und es sind hier nur ganz vereinzelte Proben, die nach Lagerung mehr bedeutende Nitratmengen aufweisen können. Auf die Nitrifikation einiger dieser Böden kommen wir später zurück.

Heideboden zeigt in fast allen Proben keine oder eine ganz geringe Nitrifikationsfähigkeit.

KAP. II.

Die Abhängigkeit der Nitrifikation von der H-Ionenkonzentration bei Züchtung in Nährlösung.

In Kap. II, das den Hauptteil der Arbeit ausmacht, haben wir die Resultate unserer Untersuchungen über die Nitrifikation in Lösungen und ihre Abhängigkeit von der H-Ionenkonzentration zusammengestellt.

Es wurde bei diesen Untersuchungen mit Erde zu Lösungen verschiedener H-Ionenkonzentration geimpft und nach ca. 30 Tagen (oder längerer Zeit) wurde die Flüssigkeit kvalitativ und kvantitativ auf NO_3, NO_2 und NH_3 analysiert. Die Versuche sind in Serien ausgeführt, die jede 10 (—14) Stufen mit verschiedenen pH-Werten der Lösungen enthält. Die Stufen I—IX wurden mit Phosphat-Lösungen nach dem auf S. 58 gegebenen Schema gepuffert und haben daher pH-Werte zwischen 4.6 und 8.5. Stufe X wurde mit 0.2 Gr. $CaCO_3$ pro Kolbe und Stufe XI—XIV mit Phosphatmischungen unter Zusatz von NaOH gepuffert und erhielten dadurch die im Schema auf S. 59 aufgeführten pH-Werte.

In einigen Versuchen (mit Versuchsnummern unterhalb 125) sind die Pufferlösungen auf die Stufen in einer etwas anderen Weise verteilt, indem Stufe X hier in den meisten Reihen nur sekundäres Na-Phosphat enthält. Es wird aber immer bei den betreffenden Versuchen und Tabellen besonders darauf aufmerksam gemacht.

Es wurde sowohl zu Lösungen mit Ammoniumsulfat wie zu Lösungen mit Natriumnitrit geimpft, und zwar wurde immer 50 Cm³ Lösung auf 300 Cm³ Erlenmeyerkolben verwendet. In den Versuchen mit Ammoniumsulfat kamen auf jeden Kolben 30 Cm³ einer der oben erwähnten Pufferlösungen (in X: reines Wasser + $CaCO_3$) und dazu 20 Cm³ einer Lösung (Nr. 14—2 f*) folgender Zusammensetzung:

1000 Cm³ H_2O
1.25 Gr. $MgSO_4$
1.25 Gr. KCl
25 Tropfen einer 1 proz. $FeCl_3$-Lösung.

Zu jedem Kolben mit dieser Lösung wurden nach einmaliger Sterilisierung ausserdem 3 Cm^3 einer 1 proz. $(NH_4)_2SO_4$-Lösung zugesetzt und darauf nochmals ganz kurz sterilisiert. Die Stickstoffkonzentration wird daher hier mit 0.6 ‰ $(NH_4)_2SO_4$ 6.36 Mgr. N pro Kolben oder 0.1272 ‰ N.

In den Versuchen mit Natriumnitrit kamen auf jeden Kolben dieselben 30 Cm^3 der betreffenden Pufferlösung und ausserdem 20 Cm^3 einer Lösung Nr. 14—2h* von folgender Zusammensetzung:

1000 Cm^3 H_2O
2.50 Gr. $NaNO_2$
1.25 Gr. $MgSO_4$
1.25 Gr. KCl
25 Tropfen einer 1 proz. $FeCl_3$-Lösung.

Die Stickstoffkonzentration wird also in diesen Versuchen mit 1‰ $NaNO_2$ 10.14 Mgr. N pro Kolben oder 0.2 ‰ N.

Stufe X ist in allen Versuchen (mit Ausnahme der oben erwähnten Versuchsnummern unterhalb 125) eine wässerige Lösung der oben erwähnten Salzen (14—2f* oder 14—2h*) von derselben Konzentration wie in den übrigen (fertigen) Stufen, anstatt Phosphate ist aber hier jedem Kolben 0.2 Gr. $CaCO_3$ zugegeben, wodurch die Nährlösung einen pH von ungefähr 7.8—8.0 bekommt.

Von jeder Bodenprobe haben wir gewöhnlich sowohl Ammoniumsulfatreihen (mit Buchstaben A—L bezeichnet) wie Nitritreihen (mit Buchstaben N—Ö und NO usw. bezeichnet) geimpft. Auch hier gibt es Ausnahmen in der Benennung bei den Proben mit Nummern unterhalb 125.

Jede Reihe besteht wie oben erwähnt aus 10—14 Stufen von verschiedener H-Ionenkonzentration, und jede Stufe hat 3—4 Parallel-Kolben, die in der ersten Reihe mit 5 Gr. Erde, in den darauffolgenden Reihen mit 2—5 Cm^3 Kulturflüssigkeit der vorausgegangenen Reihe geimpft wurden.

Von diesen 3—4 Kolben jeder Stufe wurde in dem einen 24—48 Stunden nach der Impfung die H-Ionenkonzentration bestimmt. Es ist dies, besonders in den mit Erde geimpften Kolben, absolut notwendig, indem der pH sich durch das Impfen nicht unbedeutend ändern kann. Die übrigen Kolben wurden nach 30 Tagen oder längerer Zeit analysiert, und dann wurde stufenweise zu neuen Reihen geimpft, indem die Flüssigkeitsreste der analysierten Reihen für jede Stufe vereinigt wurden und damit wurde die entsprechende pH-Stufe in die neue Reihe geimpft. Nach mehreren dieser stufenweise ausgeführten Impfungen wurde auch mehrmals mit einer einzigen Stufe zu ganzen neuen Reihen (sämtlichen Stufen) geimpft und die pH-Grenzen der einzelnen Bakterienstamme dadurch bestimmt. In dieser Weise wurden eine Reihe elektive Kulturen mit jeder Bodenprobe ausgeführt, und dadurch aus den anfangs sehr unreinen Kulturen relativ reine Kulturen von einem oder mehreren Stämmen Nitrifikationsbakterien gewonnen, die dann durch weitere Züchtung in der oben erwähnten Nährlösung in ihren Ansprüchen auf die H-Ionenkonzentration untersucht wurden.

Wir werden unten als Beispiel einige unserer Versuche mehr eingehend referieren, müssen aber im übrigen auf die Tabellen Nr. 5—65 und die Figuren 19—21 hinweisen.

Gebauter Boden.

Eine der am besten untersuchten Proben ist hier der Boden Nr. 122 aus einem Kartoffelacker bei Søfteland in Os, südlich von Bergen. Die Versuche mit diesem Boden sind schon in unserer deutsch geschriebenen Abhandlung (1923) eingehend behandelt worden, und wir können daher auf diese hinweisen. Von der mit Erde geimpften Ammoniumsulfatreihe A wurde pH-Stufe zu entsprechender pH-Stufe zu einer neuen Reihe B, und von dieser in derselben Weise zu der Reihe D geimpft. Die Resultate von diesen Reihen sind in Tab. 5 aufgeführt. Wie man hier sieht zeigt die Reihe D Nitrifikation in den Stufen IV—X, also bei pH 6.0—7.8. Von dieser Reihe wurde nun zu 3 neuen Reihen geimpft, und zwar in der Weise, dass man mit D—VI zu der neuen Reihe J, mit D—VIII zu Reihe K und mit D—X zu Reihe L impfte, und nach neuen 30 Tagen wurden diese 3 Reihen analysiert. Die Resultate gehen aus Tab. Nr. 6 hervor und scheinen zu zeigen, dass man in diesem Boden mehrere Stämme Nitrifikationsbakterien mit verschiedenen Ansprüchen auf die H-Ionenkonzentration der Lösung haben muss. Die elektive Kultur wurde in 3 neuen Reihen M—N—O fortgesetzt, die wieder mit verschiedenen sauren Stufen (J—VI, K—VIII und

L—X) geimpft waren. Die Analysen, in Tab. Nr. 7 aufgeführt, zeigen dasselbe Resultat wie die in Tab. Nr. 6. Die mit sauren Stufen geimpften Reihen (J und M) zeigen zwei Nitrifikationsmaxima, und zwar das eine bei einem pH 6.5—6.8 und das zweite bei einem pH $>$ 7.2. Die untere Nitrifikationsgrenze liegt in diesen zwei Reihen bei pH 6.1. In den mit neutralen Stufen geimpften Reihen (K und N) ist das Nitrifikationsminimum bei pH 7.2 weggefallen, indem hier nun ganz gut nitrifiziert wird. Auch die untere pH-Grenze ist, allenfalls in Reihe N etwas, bis pH 6.5 hinaufgeschoben. In den Reihen endlich (L und O), die mit der ausgeprägt alkalischen Stufe X geimpft wurden, ist die untere Nitrifikationsgrenze entschieden gehoben, indem in diesen Reihen erst in Stufe VI mit einem pH 6.5—6.6 die ersten Spuren einer sicheren Nitrifikation gefunden wurden. Auch sind hier die bei neutraler Reaktion produzierten Nitratmengen, besonders in Reihe O, bedeutend kleiner als die bei alkalischer Reaktion gefundenen Mengen, und die Nitrifikation ist daher hier hauptsächlich auf Reaktionen oberhalb des Neutralpunktes verlegt.

Wir finden also hier eine Verschiebung aufwärts in der pH-Skala von dem Nitrifikationsmaximum und der unteren Nitrifikationsgrenze, je nachdem wir von mehr oder weniger sauren Nährlösungen des vorausgehenden Versuches impfen. Und mit Hilfe der elektiven Züchtungsmethode können wir, wie die Tabellen 6 und 7 zeigen, 3 verschiedene pH-Gebiete für Nitrifikation unterscheiden: Das eine pH-Gebiet liegt zwischen pH 6.1 und 7.0 mit einem Maximum ungefähr bei pH 6.5—6.8 (122—J und M), das zweite zwischen pH 6.6 und 7.6 mit einem Maximum bei pH 6.8—7.0 (122—N) und das dritte endlich liegt oberhalb pH 6.8 oder 7.0. Wir haben in unserer Arbeit (1923) die Hypothese aufgestellt, dass hier 3 Ammoniakoxydierende Bakterien Arten wirksam sind und zwar eine Bakterie — α — die zwischen pH 7.1 und 8.4 mit einem Optimum bei 7.7—7.9 nitrifiziert, dann eine Bakterie — β — mit Nitrifikation zwischen pH 6.6 und 7.3 und Optimum bei 6.8—7.0 und endlich eine dritte Bakterie — γ — mit Nitrifikation zwischen pH 6.2 uud 6.8 und mit Optimum bei 6.5—6.6. Wie wir später näher begründen werden, ist es möglich, dass es noch mehrere Arten dieser Bakterien gibt, die teils noch innerhalb des oben erwähnten pH Gebietes arbeiten, teils aber in saureren oder noch mehr alkalischen Lösungen wirksam sind.

Als weiteres Beispiel gebauter Böden können wir Boden Nr. 137 kurz behandeln.

Es ist ein Ackerboden (Gerste mit Hafer) von Klöften auf Romerike und besteht aus ganz feinem Sand (norw. „Mjele" genannt) mit Glühverlust 5.1 % und Aschegehalt (A) 75.2 %. Dieser Boden hatte ein ganz gutes Nitrifikationsvermögen, indem er nach 30-tägiger Lagerung ohne Zusatz 138.8 Mgr. NO_3 und nach gewöhnlichem Zusatz von 10 Cm^3 $(NH_4)_2SO_4$-Lösung 482.0 Mgr. NO_3 pro 1000 Cm^3 Boden produziert hat.

Bei Impfen mit Erde zu Ammoniumsulfat-Reihe A und von dieser mit Kulturflüssigkeit weiter zu Reihe B zeigte sich in mehreren Stufen eine starke NO_3-Produktion zwischen pH 6.3 und 8.2 und kleine Nitratmengen bei pH 5.9. (Siehe Tabelle Nr. 8). Die fortgesetzten Impfungen von Reihe B zu Reihe E und von dieser zu Reihe H (Tabelle 9) gaben auch in E eine recht bedeutende Nitratproduktion bei pH = 5.8. Diese Nitratproduktion in einer Lösung mit einem pH $<$ 6.0 liess sich aber weder in Reihe H noch in weiteren Reihen reproduzieren. Eine Impfung mit Reihe A—VIII zu sämtlichen 10 Stufen in Reihe C gab Nitrifikation bei pH-Werten zwischen 6.2 und 7.9, während fortgesetzte Impfung mit C—VIII zu Reihe D und mit D—VII zu Reihe F Nitrifikation nur von pH 6.4 und aufwärts zeigte (Tabelle Nr. 10). Es ist also hier mit Sicherheit eine Nitrifikation von Ammoniumsulfat in sauren Lösungen bis pH 6.4 hinab nachgewiesen, und die Versuche scheinen auch zu zeigen, dass eine Nitrifikation unter noch nicht klargelegten Bedingungen bis zu einem pH von 5.8 stattfinden kann. Die Impfungen zu Nitritlösungen zeigten schon in der ersten Reihe — N — Nitrifikation zwischen pH 6.4 und 9.0 und bei weiterer Impfung von N—XI zu Reihe P kam sogar Nitrifikation bei einem pH $>$ 9.8 in Stufe XII (Tabelle Nr. 11). Die Pufferlösung dieser Stufe ist aber nicht ganz zuverlässig. Es wurde daher von P—IX zur neuen Reihe R geimpft und hier Nitrifikation bis zu einem pH $>$ 9.3 gefunden (Stufe XII). Weitere Impfung mit dieser Stufe R—XII zur neuen Reihe Ö und mit R—IX zu Reihe Z gab die in Tabelle Nr. 12 aufgeführten Resultate und also eine ganz sichere Nitrifikation bis zu einem pH 9.6. Fortgesetzte Impfung mit Reihe Z—IX zu Reihe NR und mit Z—XII zu Reihe NS zeigte wieder (Tabelle Nr. 13), dass die Nitrifikation von $NaNO_2$ bis zu einem pH von mindestens 9.6 möglich ist, und weitere Impfungen

zeigen in den Reihen NW, NY und OP (Tabelle Nr. 14), dass die obere pH-Grenze für $NaNO_2$-Oxydation hier wahrscheinlich bei ca 9.6 liegt. Hinsichtlich der unteren pH-Grenze für die $NaNO_2$-Oxydation zeigen die oben erwähnten Versuche recht interessante Verhältnisse. In Reihe N findet man eine ganz kleine Oxydation bei einem pH 6.1 und Totalnitrifikation bei pH 6.4. Die absolute untere Grenze für diese Oxydation liegt daher hier bei einem pH ca. 6.0.

Die Tabellen Nr. 13 und Nr. 14 zeigen aber, dass diese Grenze in hohem Grad verschiebbar ist, und zwar niedriger oder höher liegt je nachdem man von Kulturen mit verschiedenen pH-Werten impft. So liegt die untere Oxydationsgrenze in Reihe NR, die mit Bakterien aus der schwach alkalischen Lösung Z—IX (pH 8.1) geimpft ist, bei einem pH < 6.5, während die Grenze in der mit stark alkalischer Lösung Z—XII (pH 9.5) geimpften Reihe NS bei einem pH 6.8 liegt. Diese Verschiebung der unteren pH-Grenze tritt in Tabelle 14 noch schärfer hervor. Reihe NY, die mit Bakterien aus der sauren Stufe NW—VI (pH 6.4) geimpft wurde, zeigt NO_2-Oxydation schon in Stufe VI mit pH 6.4, während Reihe OP, die aus der alkalischen Stufe NW—XI (pH 8.9) geimpft worden war, erst in Stufe X (pH 8.2) Oxydation zeigt. Es ist also hier bei Impfung mit einer stark alkalischen Lösung eine bedeutend höher liegende untere Oxydationsgrenze gefunden als bei Impfung mit einer sauren Lösung.

Wir haben hier in dem Versuche 137—OP (Tabelle Nr. 14) eine NO_2-Oxydation gefunden, die entschieden an einer ausgeprägt alkalischen Reaktion gebunden ist und nur bei einem pH > 8.0 stattfindet. Schon in unserer früheren Arbeit (1921—b) haben wir darauf aufmerksam gemacht, dass die von uns gefundene NO_2-Oxydation bei pH-Werten zwischen 6.8 und 7.3 eine andere sein muss, als die von MEYERHOF bei pH-Werten von 8.4—9.3 gefundene Oxydation. Mit diesem Versuche 137—OP haben wir aber die Befunde MEYERHOFS bestätigen können und damit den Nachweis gebracht, dass es mindestens zwei NO_2-oxydierende Bakterienarten gibt, von denen die eine bei einer ungefähr neutralen Reaktion, die andere dagegen bei ausgeprägt alkalischer Reaktion wirksam ist. Versuche mit anderen Böden, die unten besprochen werden sollen, zeigen, dass die Spezialisierung der Bakterien mit Rücksicht auf die optimale H-Ionenkonzentration noch grösser ist.

Mit Boden Nr. 134 (gebautem Tonboden von Strinda in Tröndelagen) liess sich eine Ammoniumsulfatoxydation schon bei pH 6.1—6.2 konstatieren, und bei pH 6.5 war diese Oxydation sehr stark. Versuche mit Nitritoxydation wurden mit dieser Erde nur in beschränktem Masse ausgeführt, zeigten aber eine sichere NO_2-Oxydation bei pH 8.2—8.3, keine Oxydation aber in Stufen mit pH > 9.6.

Auch der Boden Nr. 140 (unverwitterter Tonboden, Strinda in Tröndelagen) muss kurz erwähnt werden. Die Versuche mit Ammoniumsulfatlösungen gaben hier eine lebhaftere Oxydation bei pH-Werten zwischen 6.4 und 8.0. In Nitritlösungen liess sich hier aber auffallenderweise keine bedeutende Oxydation konstatieren bei pH kleiner als 6.7 (Tabelle Nr. 17 und 18), und diese Probe unterscheidet sich also hierdurch scharf von Probe Nr. 137 (und anderen, die später erwähnt werden sollen), wo eine Totaloxydation von NO_2 bei pH 6.4 oder selbst bei pH 6.1—6.2 stattfindet.

Der Boden Nr. 151 ist gebauter Moorboden aus Ryfylke. Wie die Tabelle Nr. 19 zeigt, hat man hier nach mehreren Impfungen keine Nitrifikation des Ammoniumsulfates in den sauren Lösungen VI mit pH 6.3—6.4 und auch nur eine ganz schwache Nitratbildung in VII mit pH 6.7. Erst bei neutraler Reaktion (Stufe VIII) kommt es hier zu Nitrifikation. Dieses Resultat zeigt, dass diese Nitrifikation bei pH 7.0 und die in früher erwähnten Proben bei pH 6.5 gefundene Nitrifikation von zwei verschiedenen Bakterienarten bewirkt wird.

Die Impfung zu Nitritlösung ist auch recht interessant. Die mit 5 Gr. Erde geimpfte Reihe N wurde nicht analysiert. Die von N geimpfte Reihe O zeigte nach 40 Tagen Totalnitrifikation (Griess . : 0) in allen Stufen V—XII, also bei pH-Werten 6.2—9.3, und die von O geimpfte Reihe P gab ungefähr dasselbe Resultat, indem hier die Nitrifikation nur in Stufe XII versagte. Es wurden nun 3 neue Reihen geimpft, und zwar R mit P—V (pH 6.2), S mit P—IX (pH 7.9) und T mit P—XI (pH 8.8).

Die Analysenresultate dieser 3 Reihen sind in den Tabellen Nr. 20 und 21 zusammengestellt. Wir finden hier in R eine Totalnitrifikation bei pH 6.2, in S bei pH 6.5 und in T erst bei pH 6.8. Es ist also eine höchst auffallende Verschiebung der unteren pH-Grenze, je nachdem man von

Stufen mit steigendem pH geimpft hat. Die obere pH-Grenze für Nitritoxydation scheint hier bei pH = 9.2—9.4 zu liegen.

Boden Nr. 152 ist von derselben Lokalität wie Nr. 151, wurde aber in alkalisch reagierenden, unfruchtbaren Teilen des Ackers gesammelt. Die Impfung zu Ammoniumsulfatlösungen gibt, wie Tabelle Nr. 22 zeigt, Nitrifikation bei einem pH 6.7, nicht aber bei pH 6.5. Die Impfung zu Nitritlösung zeigt noch besser als die vorige Probe die dort erwähnte Verschiebung des Nitrifikationsgebietes. Die mit Erde geimpfte Nitrit-Reihe N wurde nicht analysiert, wohl aber die von N geimpfte Reihe O, und diese letztere zeigte dann Nitritoxydation in den Stufen V—XII also bei pH 6.2—9.4. Die von O geimpfte Reihe P hat Totaloxydation nur bis Stufe XI mit pH 8.8, während die Oxydation in Stufe XII mit dem nicht genau bestimmten pH $\geqq$ 9.4 nur klein war. Von P wurde zu zwei neuen Reihen R und S geimpft, und zwar mit P—V (mit pH 6.1) zu R und mit P—XI (mit pH 8.8) zu S. Wie die Tabelle Nr. 23 zeigt, hat Reihe R Nitritoxydation bei pH 6.2—8.3, aber nicht bei pH 9.6 (9.3), während die Reihe S erst bei pH 6.7 Nitrifikation zeigt, und diese hier bis pH 9.6 (9.3) aufwärts geht. Es ist also hier eine Verschiebung aufwärts sowohl von der unteren wie der oberen pH-Grenze der Nitritoxydation, wenn man von Stufen mit höherem pH impft. Weitere Kulturen, die in Tabellform nicht gedruckt sind, bestätigten diese Resultate. Impfung mit der sauren Stufe R—V zur neuen Reihe T gab hier Nitrifikation bei pH 6.2—8.2, nicht aber bei pH 9.0. Fortgesetzte Impfung mit T—V zu Reihe Y gab wieder Nitrifikation bei pH 6.2—8.4, nicht aber bei pH 9.2. Auf der anderen Seite gab Impfung mit der alkalischen Stufe S—XII zu Reihe W in diese Nitrifikation erst von pH 6.7 ab, hier aber auch bei pH 9.4, und fortgesetztes Impfen mit W—XII zu Reihe Z gibt auch hier Nitrifikation zwischen pH 6.7 und 9.4. Bei Impfung aus sauren Stufen (V) mit pH 6.2 bekommt man also eine Nitritoxydation bei den pH-Werten 6.2—8.4 und nicht bei 9.2, bei Impfung aus alkalischen Stufen (XI—XII) mit pH $>$ 8.0 dagegen gibt es keine Nitritoxydation bei pH 6.2—6.4, wohl aber bei pH 6.7 und auch bei pH $>$ 9.0. Aus diesen Resultaten dürfen wir wohl schliessen können, dass die Nitritoxydation in alkalischen Lösungen von anderen Bakterien bewirkt wird als die, die in sauren Lösungen nitrifizieren.

Der Boden Nr. 153, der von derselben Lokalität wie Nr. 151 stammt, aber ein Jahr später eingesammelt wurde, zeigt für die Nitritoxydation (Tabelle Nr. 25—26) dieselbe Verschiebung der unteren pH-Grenze, während die obere ph-Grenze hier nicht so scharf bestimmt ist.

Der Boden Nr. 154, der von derselben Lokalität wie Nr. 153 stammt, zeigt in den Nitritlösungen ganz interessante Resultate. Von der mit Erde geimpften Reihe N wurde zu Reihe O geimpft, und in dieser Reihe wurde nach 150 Tagen Totaloxydation (Griess = 0) auch in Stufe III mit pH 5.8 gefunden. Es wurde daher mit dieser Stufe zur neuen Reihe P und mit P—IV (pH 6.0) in Reihe T geimpft. Wie die Tabelle Nr. 28 zeigt, hat man durch dieses wiederholte Impfen mit sauren Lösungen in T eine Nitritoxydation konstatieren können, die aufwärts nur bis Stufe VIII, nach unten aber bis Stufe V (pH 6.2) geht. Wir haben hiermit die bei pH $\leqq$ ca. 7.0 stattfindende Nitritoxydation von der bei pH $\geqq$ 8 vorkommenden Nitrifikation getrennt, indem die letztere hier ausgeschaltet worden ist. Die Impfung mit der weniger sauren Stufe O—V zu Reihe R und weiter mit R—V zu Reihe U hat dagegen Nitritoxydation zwischen den pH-Werten 6.2 und 9.3 gegeben. Die Ammoniakoxydation geht in dieser Probe wie in Nr. 153 bis einem pH 6.2—6.4 hinab vor.

Boden Nr. 130 von seichtgründiger Lokalität über kalkreichem Schiefer in Asker bei Oslo ist ein sehr mineralreicher, humusarmer Boden mit Aschegehalt 80.44 % und Glühverlust 8.32 %. Der aktuelle pH ist hier 6.6 und der NO_3-Gehalt bei der Probeentnahme 1.65 Mgr. NO_3 pro 1000 Cm^3 Boden. Nach 30 Tagen ohne Ammoniumsulfatzusatz ist der NO_3-Gehalt 47.18 Mgr., nach 30 Tagen mit Zusatz von 106 Mgr. NH_3-Stickstoff dagegen 341.7 Mgr. NO_3 pro 1000 Cm^3 Boden. Die Nitrifikationsfähigkeit bei Lagerung ist also eine ganz bedeutende. Die Ammoniakoxydation in Lösungen ist, wie Tabelle Nr. 29 zeigt, eine sehr schwache bei pH 6.2, eine mehr bedeutende bei pH 6.4 und eine starke von pH 6.7 bis 7.9. Bei pH 8.2 ist sie schwach, und bei höheren Werten gibt es hier keine Ammoniakoxydation.

Die Versuche mit Nitritlösungen gibt Oxydation bei pH 8.7 aber keine bei 9.4, und die untere pH-Grenze liegt bei pH 6.5, indem im Gegensatz zu den früher behandelten Proben keine Nitritoxydation bei pH 6.2—6.3 stattfindet.

Laubwaldboden.

Boden Nr. 125 ist typischer Laubwaldboden von Skjold in der Nähe von Bergen. Es war ein mit Kies und Sand gemischter Mullboden mit einem Glühverlust von 11.13 %, Aschegehalt von 52.37 % und einem aktuellen pH 5.9. Der Boden hat bei Lagerung eine recht bedeutende Produktion sowohl von NH_3 wie von NO_3.

Die Impfung zu Ammoniumsulfatlösungen ist insofern interessant, als hier (siehe Tabelle Nr. 31) in Reihe C eine Nitrifikation in relativ stark sauren Lösungen mit einem pH 5.2—5.5 konstatiert wurde. Leider liess sich die Nitrifikation bei diesen pH-Werten in den folgenden Reihen nicht reproduzieren.

Der Boden Nr. 128 aus Laubwald bei Os pr. Bergen ist auch ein ausgeprägter Mullboden mit beinahe neutraler Reaktion (pH 6.6). Jedoch kommt es hier bei Lagerung zu keiner bedeutenden Nitratproduktion, wahrscheinlich weil die produzierten Nitratmengen schnell von Schimmelpilzen und Bakterien verbraucht werden.

Auch bei diesem Boden finden wir bei Impfen zu Ammoniumsulfatlösungen eine Nitrifikation bei pH-Werten kleiner als 6. Wie die Tabelle Nr. 32 zeigt, haben wir in Reihe D drei Nitrifikationsmaxima und zwar das eine bei pH 5.5, das zweite bei pH 6.5—6.7 und das dritte in der mit Kalziumkarbonat gepufferten Lösung X mit pH 8.0. Die zwei letzteren Maxima sind alte bekannte und lassen sich in neue Reihen weiterführen. Die Nitrifikation bei pH 5.5 ist unzweifelhaft durch dieselbe Bakterienart wie in Probe Nr. 130 bei entsprechenden pH-Werten bewirkt, lässt sich aber hier wie dort nur in eine einzige Reihe (G auf Seite 93) reproduzieren und versagt dann in den folgenden Reihen. Höchst wahrscheinlich verlangen die hier wirksamen Bakterien besondere Wachstumsbedingungen, die in den hier gebotenen Nährlösungen nicht realisiert worden sind.

Die Impfung zu Nitritlösungen zeigt (siehe Tabelle Nr. 33—34), dass die untere pH-Grenze für Nitritoxydation hier bei ungefähr 6.5 liegt und also entschieden höher als in den früher behandelten Proben gebauten Erbodens (Nr. 151—154), wo wir eine totale Oxydation des Nitrites schon bei pH 6.1—6.2 finden. Die oben gefundene Grenze bei pH 6.5 stimmt mit unseren früheren publizierten Resultaten (1921-b) und bestätigt somit, dass in gewissen Proben die untere pH-Grenze für Nitritoxydation höher liegt als in anderen.

Boden Nr. 129 ist aus Laubwald über Schieferfelsen in Asker bei Oslo. Es ist ein kiesreicher neutral reagierender Mullboden mit starkem Nitrifikationsvermögen, besonders nach Zusatz von Ammoniumsulfat. Es wurde hier nicht zu Ammoniumsulfatlösungen geimpft. Die Impfungen zu Nitritlösungen zeigen aber gewisse interessante Resultate, die kurz erwähnt werden müssen. Es wurde mit Erde zu Reihe N geimpft, von dieser zu Reihe O und weiter zu Reihe P, die eine Nitritoxydation in den Stufen V—XI zeigte. Es wurde nun mit der sauren Stufe P—V (pH 6.2) zur neuen Reihe R und mit der alkalischen Stufe P—IX (pH 7.9) zu Reihe S geimpft. Wie die Tabelle 35 zeigt, sind die Resultate in diesen zwei Reihen auffallend verschieden. Bei Impfung mit der sauren P—V bekommt man in R Nitrifikation von Stufe III (mit pH 5.6) ab und hat sogar ein deutliches Maximum bei pH 5.9. Bei Impfung mit der alkalischen P—IX gibt es in der Reihe S aber erst Nitrifikation von Reihe VIII ab mit pH 7.3. Dieses Resultat kann wohl kaum anders gedeutet werden, als dass man in den verschiedenen sauren Impflösungen (P—V und P—IX) ganz verschiedene Bakterien hat, die verschiedene Ansprüche an die Reaktion des Mediums machen. Es ist ferner auffallend, dass man in R eine Nitrifikation sowohl in Stufe VII mit pH 6.8 als in Stufe VIII mit pH 7.3 findet, während die Reihe S keine Nitrifikation in VII mit pH 6.8 aufweisen kann. Auch in anderen Versuchen, sowohl mit diesem Boden (siehe 129—NT in Tabelle Nr. 37) als mit anderen Böden, haben wir in Stufe VII mit pH < 7 keine Nitrifikation, in Stufe VIII mit pH ≥ 7 Nitrifikation gefunden, und diese Resultate zeigen, dass die von uns früher (1921-b) beschriebene Nitritoxydation mit einem breiten pH-Optimum von 6.8—7.3 vielleicht nicht einheitlicher Art ist, sondern von zwei Bakterienarten bewirkt wird, von denen die eine ihr Optimum bei pH < 7 die andere bei pH > 7 hat. Wir kommen später auf diese Sache zurück.

Im übrigen zeigen die Versuche mit Boden Nr. 129 in den Tabellen Nr. 36—37 die von früher erwähnten Böden bekannte Verschiebung aufwärts von der unteren pH-Grenze bei Impfung von mehr alkalischen Kulturen.

Boden Nr. 131 wurde ganz in der Nähe von Boden Nr. 129 und 130 gesammelt und überlagert also kalkreichen Schieferfelsen. Diese Bodenprobe wurde aber unter einem fast reinen Bestand von *Convallaria Majalis* genommen und hat daher eine etwas saurere Reaktion, indem der aktuelle pH 6.35 ist. Es ist ein humusreicher Mullboden mit starker Ammoniakproduktion und bedeutender Nitratbildung. Die Impfung zu Ammoniumsulfatlösungen zeigt in den Reihen A—B—C (Tabelle Nr. 38) recht interessante Resultate, indem man hier keine Ammoniakoxydation in sauren Lösungen findet, wohl aber eine ganz bedeutende Oxydation sobald die Reaktion neutral oder alkalisch wird. Sehr auffallend ist es, dass man in Reihe C, die in allen Stufen mit A—VIII (pH 6.9) geimpft wurde, keine Nitrifikation in Stufe VII mit pH 6.7 hat, eine totale Oxydation des Ammoniumsulfates aber in Reihe VIII (mit pH 7.2) findet. Die in unserer früheren Arbeit (1921-b) erwähnte Bakterie (α), die optimal bei pH = 7.7—7.9 nitrifiziert, hat eine absolute untere Grenze bei pH 7.0 und nitrifiziert bei pH 7.2 so langsam, dass sie für die hier gefundene totale Nitrifikation in C—VIII kaum verantwortlich gemacht werden kann. Und die in unserer Arbeit (1923) erwähnte Bakterie — γ — mit ihrem Optimum bei pH 6.5—6.6 nitrifiziert auch nicht bei pH 7.2. Die in derselben Arbeit erwähnte Bakterie β mit ihrem Optimum bei pH 6.8—7.0 hätte auch in C—VII grössere Nitratmengen produzieren sollen als die sehr kleine Menge (0.05 Mgr.), die hier tatsächlich gefunden wurde. Folglich darf man wohl schliessen, dass auch in Versuch C diese Bakterie — β — nicht die wirksame ist. Es ist daher wahrscheinlich, dass wir hier mit der in unserer Arbeit (1923 S. 23—25) nur kurz erwähnten Bakterie zu tun haben, die optimal bei pH 7.2 nitrifiziert, bei pH 6.5—6.7 aber fast gar nicht wirksam ist. Leider war es damals nicht möglich, diese Bakterie in Kultur weiter zu züchten, und auch diesmal gelang eine Weiterführung dieser bei pH 7.2 optimal arbeitenden Bakterie nicht. Vorläufig lässt sich daher mit Sicherheit nur der Schluss ziehen, dass die Oxydation von Ammoniumsulfat, die bei pH-Werten von 6.5—6.6 ihr Optimum hat, eine andere sein muss als die, die ihr Optimum bei dem Neutralpunkt oder bei unbedeutend höheren pH-Werten hat. Und diese letzte Oxydation muss wiederum eine andere sein als die, die bei pH-Werten von 7.7—7.9 ihr Optimum hat.

Boden nr. 145 entstammt einem Eichenwald in der Nähe von Grimstad und ist guter Mullboden mit Glühverlust 10.69 %, Aschegehalt 52.81 % und aktuellem pH = 4.8. Die Ammoniakproduktion ist eine bedeutende, die Nitratproduktion dagegen unbedeutend, vielleicht durch Nitratverbrauch der Schimmelpilze und Bakterien bewirkt.

Es wurde zu Ammoniumsulfatlösung in Reihe A wie gewöhnlich mit 5 Gr. Erde geimpft und von dieser Reihe zu Reihe B und weiter zu Reihe C, die bei kvalitativer Analyse Tolaloxydation (Nessler—0) in Stufe X zeigte. Eine fortgesetzte Impfung zu Reihe D gab hier dasselbe Resultat mit Totaloxydation nur in Stufe X (siehe Tabelle Nr. 39). Mit Stufe D—X wurde zur neuen Reihe E geimpft und hier Totaloxydation in den Stufen VIII—X gefunden, also auch bei einem pH 7.0. Um diese Nitrifikation näher zu untersuchen, wurde mit E—VIII zur neuen Reihe F geimpft und hier dann merkwürdiger Weise nur in X Totalnitrifikation gefunden (siehe Tabelle Nr. 40). Fortgesetztes Impfen von F—X gab in Reihe G Nitrifikation bis pH 6.6 herab. Wurde nun aber mit G—X geimpft, kam in Reihe H wieder nur Nitrifikation in Stufe X. Es kommt also hier bei Impfen mit der Stufe X Nitrifikation auch in den Stufen VII—VIII—IX, (Reihe E—G), bei Impfen mit Stufe VIII Nitrifikation nur in Stufe X (Reihe F—H). Die vorläufig einzige mögliche Erklärung zu dieser Sache ist, dass die in Stufe VIII (pH 7.0) wirksame Bakterie sehr säureempfindlich ist. Durch die Nitrifikation in Stufe VIII sinkt die Reaktion häufig bis pH 6.0, und bei längerem Aufenthalt in einer solchen Lösung werden die Bakterien getötet. Die Bakterien, die in Stufe X bei pH 7.8 nitrifizieren, sind beweislich viel weniger säureempfindlich, gehen daher nicht zu Grunde wenn sie in Stufe VIII vorhanden sind, und das Impfen mit einer alten VIII-Stufe bringt daher nur diese Bakterien zu der neuen Reihe. In Stufe X mit Kalziumkarbonat als Puffer sinkt die Reaktion selbst bei Totalnitrifikation dagegen nicht so tief wie in VIII, und auch die bei pH 7.0 nitrifizierenden Bakterien überleben daher hier und geben bei Impfen mit Stufe X Nitrifikation auch in Stufe (VII—) VIII. Vorläufig ist dies die einzige brauchbare Erklärung zu den Resultaten die in den Tabellen Nr. 39—40 zusammengestellt sind.

Die Impfung zu Nitritlösungen (Tabelle Nr. 41) gab für diese Probe Totalnitrifikation in

Stufe VIII (pH 7.2), aber keine Nitrifikation in Stufe VII (pH 6.7), wiederum ein Beweis dafür, dass die Nitritoxydation mit einem breiten Optimum bei pH = 6,8—7.3 nicht einheitlicher Art ist, sondern von zwei verschiedenen Bakterien bewirkt wird.

Boden Nr. 146 wurde in dem oben erwähnten Eichenwald gesammelt und zwar an einer Lokalität, wo der Eiche noch andere Laubhölzer beigemischt waren, und die Bodenvegetation anstatt Gräser aus *Vaccinium Myrtillus* bestand. Die Reaktion ist dementsprechend sehr sauer, indem der aktuelle pH zu 4.26 bestimmt wurde. Die Probe enthält ziemlich viel Ammoniak, hat aber keine Nitratbildung bei Lagerung.

Das Impfen zu Ammoniumsulfatlösungen gab in den 4 Reihen A—B—C—D keine Nitrifikation selbst in Stufe X mit Kalziumkarbonat, und der Boden enthält daher wahrscheinlich überhaupt keine ammoniakoxydierende Bakterien. Das Impfen zu Nitritlösungen gab wie die Tabelle Nr. 42 zeigt Oxydation, entweder schon in Stufe VII mit pH 6.7—6.8 oder erst von Stufe VIII (pH 7.0) an. In keinem Falle wurde hier Oxydation bei pH-Werten $>$ 9.0 gefunden.

Boden Nr. 147. Die Versuche mit diesem Boden aus demselben Eichenwald, wie oben erwähnt, gab Oxydation sowohl in Ammoniumsulfat- wie in Nitritlösungen. In den letzteren kommt es wie die Tabelle Nr. 43 zeigt nur zu Nitrifikation zwischen den pH-Werten 6.7 und 8.0 und nicht bei pH 9.0.

Fichtenwald-Boden.

Aus Fichtenwald haben wir nur den Boden Nr. 141 von Strinda in Trøndelagen untersucht. Dieser Boden mit seiner stark sauren Reaktion (pH = 4.54) hat eine bedeutende Nitrifikation bei Lagern. Der ursprüngliche NO_3-Gehalt von 47.6 Mgr. stieg nämlich nach 30 Tagen ohne NH_3-Zusatz auf 119.5 Mgr., während er nach 30 Tagen mit NH_3-Zusatz in Form von Ammoniumsulfat nur 66.05 Mgr. pro 1000 Cm^3 Boden betrug. Allem Anschein nach hat die durch die Oxydation des Ammoniumsulfates gebildete Salpetersäure und die frei gewordene Schwefelsäure die Reaktion des im Voraus stark sauren Bodens derart sauer gemacht, dass die Nitrifikationsbakterien ihre Wirksamkeit eingestellt haben.

Die Impfung zu Ammoniumsulfatlösungen gab eine mehr bedeutende Nitrifikation nur in den alkalischen Lösungen und überhaupt keine in den ausgeprägt sauren Lösungen. (Siehe Tabelle Nr. 44).

Die Impfung zu Nitritlösungen gab wie Tabelle Nr. 45 zeigt Totalnitrifikation bei pH-Werten 6.7—8.3 und nur kleine NO_3-Mengen in Stufe VI mit pH 6.4 und in Stufe S—XII mit pH 9.2.

Kieferwald-Boden.

Aus Kieferwald haben wir eine Reihe Böden untersucht.

Boden Nr. 123 haben wir schon in unserer früheren Arbeit (1923) behandelt und brauchen daher hier die Resultate nur kurz zu rekapitulieren.

Es wurde in gewöhnlicher Weise mit Erde zu Ammoniumsulfatlösung in Reihe A und von dieser zu Reihe B geimpft. Von B wurde zu Reihe H geimpft und dann mit H—IV (pH 6.2) zu Reihe J und mit H—VI (pH 6.5) zu Reihe K. Wie die Tabelle Nr. 46 zeigt, haben wir hier in Reihe J eine relativ reine Kultur von einer Bakterie bekommen, die nur in saurer Lösung nitrifiziert und ihr Optimum bei pH 6.5, ihre untere Grenze bei pH 6.0 und ihre obere Grenze bei pH 7.0 hat. Die Oxydation in Reihe K ist schwach, deutet aber auf eine Bakterie mit Oxydationsoptimum bei pH 7.2.

Boden Nr. 132 aus Kieferwald bei Lysekloster in Os ist ein guter Mullboden und oxydiert Ammoniumsulfatlösungen nur in Stufe X mit Kalziumkarbonat als Puffer und pH 8.2 (Tabelle Nr. 47)

Boden Nr. 135 aus Kieferwald mit Birken gemischt bei Klöften auf Romerike ist eine reine Rohhumusprobe und oxydiert weder in Ammoniumsulfat- noch in Nitritlösungen.

Boden Nr. 136 entstammt demselben Profil wie Nr. 135, ist aber typische „Mjele“ (feiner Sand). Bei Lagern zeigt diese Probe keine Nitratbildung. In Versuchen mit Impfen zu Ammoniumsulfatlösungen gab sie dagegen lebhafte Nitrifikation in Stufe X mit Kalziumkarbonat (pH 8.1) und in Stufe XI (pH 8.2), nicht aber in Stufe IX mit reinem, sekundärem Na-Phosphat als Puffer.

Die Versuche mit Nitritlösungen gaben hier recht interessante Resultate, die näher besprochen werden müssen. Wie gewöhnlich wurde mit Erde zu Reihe N, von dieser zu Reihe O und weiter zu Reihe P geimpft. In den beiden letzten Reihen wurde das Nitrit totaloxydiert in den Stufen VIII—XI, also bei pH-Werten 7.2—9.2, dagegen nicht in Stufe VII mit pH 6.8.

Es wurde nun zu drei neuen Reihen geimpft, und zwar zu Reihe R mit P-VIII, zu Reihe T mit P—IX und zu Reihe S mit P—XI. Die Analysenresultate dieser drei Reihen sind in der Tabelle 48 zusammengestellt. Es ist hier auffallend, dass Reihe R, mit P—VIII geimpft, nur in der Stufe VIII Totalnitrifikation zeigt, dagegen keine Nitrifikation bei höheren pH-Werten. Reihe T, mit P—IX geimpft, zeigt dagegen Totalnitrifikation bis Stufe XI mit pH 8.6, keine Nitrifikation aber in Stufe XII mit pH 9.3. Und Reihe S endlich, die mit Stufe P—XI geimpft ist, hat Totalnitrifikation auch in Stufe XII mit pH 9.3. Es ist also hier eine ausgeprägte Verschiebung aufwärts der oberen pH-Grenze für Nitritoxydation, je nachdem man von mehr alkalisch reagierenden Kulturen impft.

Um besonders die Nitrifikation bei ungefähr neutraler Reaktion zu prüfen, wurde mit R—VII zu Reihe U, mit U—VII zu Reihe Ø, mit Ø—VIII zu Reihe NS und mit NS—VIII zu Reihe NT geimpft.

Wie die Tabelle Nr. 49 zeigt, haben hier die zwei Reihen Ø und NS nur Nitrifikation in einer einzigen Stufe — VIII — mit pH 7.1—7.2 und nicht einmal Spuren von Nitratbildung in den 11 anderen Stufen. Sämtliche Kolben aller 12 Stufen (im Ganzen 48) sind in genau derselben Weise mit je 2 Cm^3 der Bakterienkultur geimpft, und es lässt sich der Ausfall dieser zwei Versuche daher kaum anders deuten, als dass wir hier eine Bakterie haben, die nur bei einem pH 7.1—7.2 zu nitrifizieren imstande ist. Dass wir in den Reihen U und NT auch in Stufe VII mit pH 6.6—6.7 Nitratbildung finden, beruht darauf, dass die Kulturen noch Mischkulturen sind, und dass hier auch eine bei pH 6.7 nitrifizierende Bakterie zur Entwicklung gekommen ist. Die von uns in einer früheren Arbeit (1921-b) beschriebene Nitritoxydation mit einem breiten Optimum zwischen pH 6.8 und 7.3 scheint daher, wie auch oben erwähnt, von zwei verschiedenen Bakterien bewirkt zu werden, von denen die eine bei pH kleiner als 7, die andere bei pH grösser als 7 optimal oxydiert. Die in den Reihen U und NT bei pH 8.2—8.4 auftretende Nitrifikation beruht wohl auf eine dritte, bei pH-Werten über 8 wirksame Bakterie.

Dass man in diesen Versuchen trotz vielen Überführungen zur neuen Nährlösung noch mit Mischkulturen arbeitet, zeigt die Tabelle Nr. 50. In Reihe OT hat Impfung mit OP—IX Nitrifikation nur in Stufe VIII gegeben. Impfung mit dieser Stufe OT—VIII führt aber in OU zu Nitrifikation in den 8 Stufen V—XII mit pH-Werten 6.2 bis 9.2. Also waren doch in OT—VIII auch andere Bakterien obwohl hier unwirksam, zugegen.

Boden Nr. 142 aus Kieferwald in Treungen, ist ein Sandboden von saurer Reaktion (Ph 5.3), der beim Lagern Ammoniak, nicht aber Nitrat produziert.

In Übereinstimmung hiermit gibt die Impfung zu Ammoniumsulfatlösung in den 4 Reihen A—D negatives Resultat. Es gelang nicht, selbst in Stufe X mit $CaCO_3$ eine Nitrifikation auszulösen, und dieser Boden enthält daher wahrscheinlich keine oder nur wenige ammoniakoxydierende Bakterien.

Die Impfung zu Nitritlösung gab in den Reihen P—R—S—T Totaloxydation in VIII mit pH 6.9—7.0 und partielle Oxydation in VII mit pH 6.7. Ausserdem finden wir auch Totaloxydation in den alkalischen Stufen X—XI, keine aber in Stufe IX. Es is höchst auffallend, dass diese Stufe, mit einem pH-Wert, der unbedeutend von den Werten der totaloxydierenden Stufen X und XI abweicht, doch keine Nitrifikation aufweisen kann. Vielleicht beruht dies auf der speciellen Zusammensetzung des Puffers, indem dieser hier in IX nur von reinem sekundären Na_2HPO_4 besteht. Wir haben aber mit vielen anderen Proben auch in dieser Stufe Totaloxydation gefunden. Weitere Untersuchungen müssen hier Klarheit bringen.

Boden Nr. 143 ist eine Rohhumusprobe aus Kieferwald in Treungen. Die stark saure Erde (pH 4.37) hat bei Lagern eine unbedeutende Ammoniak- und keine Nitratbildung. Beim Impfen zu Ammoniumsulfatlösungen wurde eine kleine Nitritbildung (Griess XX) in den alkalischen Stufen XI und XII gefunden. Eine Nitratbildung liess sich aber in keinen Reihen nachweisen.

Ganz andere Resultate gaben die Versuche mit Nitritlösungen, indem wir hier eine lebhafte Oxydation innerhalb weiter pH Grenzen finden. Schon die zweite Reihe — O — zeigt hier Total-

oxydation in den Stufen VI—X mit pH-Werten 6.4—8.2. Auch weitere Versuche, von denen die Reihen T und U in Tabelle Nr. 53 aufgeführt sind, zeigen lebhafte Nitrifikation und, wie man sieht, auch die früher erwähnte Verschiebung der unteren pH-Grenze, je nachdem man mit sauren oder alkalischen Kulturen impft.

Boden Nr. 144 ist ein humusarmer Sandboden von demselben Profil wie Nr. 143 und diesem Boden unterlagernd. Dieser Sandboden hat bei Lagerung eine ganz bedeutende Ammoniakproduktion, zeigt aber keine Nitratbildung.

Auch die Versuche mit Nitrifikation in Nährlösungen gaben negative Resultate. Weder in Ammoniumsulfat-noch in Nitritlösungen wurde Nitratbildung beobachtet, und nur in den Ammoniumsulfatstufen XI—XII liessen sich so wie mit der vorigen Probe ganz kleine Nitritmengen nachweisen.

Heideböden.

Wir haben in unseren früheren Arbeit (1921-a) den Heideboden und seine Nitrifikation eingehend untersucht und werden daher hier nur weitere 4 Proben behandeln.

Boden Nr. 124, den wir auch in unserer Arbeit (1923) behandelt haben, stammt aus einer jungen nicht geschlossenen Kieferkultur in Heide bei Søfteland. Die Probe ist insofern interessant, als wir hier trotz wiederholtes Impfen zu Ammoniumsulfatreihen Nitratbildung nur in den alkalischen Stufen IX und X finden konnten (Tabelle Nr. 54) und also auch damit einen Beweis bringen können für die Selbständigkeit der in sauren Lösungen nitrifizierenden Bakterien.

Impfung zu Nitritlösungen wurden hier nicht ausgeführt.

Boden Nr. 133 wurde in einer jungen nicht geschlossenen Kieferkultur in Heide in Sveio gesammelt. Der nur schwachsaure Boden (pH 6.25) hat bei Lagern eine relativ kleine Ammoniak- und Nitratbildung.

Bei Impfen zu Ammoniumsulfatlösungen kommt es in den Stufen IX und X zu lebhafter Nitratbildung und ausserdem in Stufe VII mit pH 6.7 zu einer ganz kleinen Nitrifikation, die sich aber nicht in neue Kulturen weiterführen liess.

Die Nitritkulturen sind hier von Interesse, indem wir mit diesem Boden eine Nitritoxydation finden, die lebhaft bis zu einer pH-Grenze von ca. 8.0 vorgeht (Tabelle Nr. 55—56—57), nicht aber bei pH-Werten 8.8—8.9, bei denen wir mit anderen Böden lebhafte Nitritoxydation finden. Hiermit wird wiederum ein Beweis für die Selbständigkeit dieser in relativ stark alkalischen Lösungen arbeitenden Bakterien gebracht. Die mit Probe Nr. 133 bewirkte Nitritoxydation ist wahrscheinlich dieselbe, die wir in unserer früheren Arbeit (1921 b) beschrieben haben und die ihr Optimum bei pH-Werten 6.8—7.5 hat, und die eine untere Grenze bei pH 6.5, eine obere Grenze bei pH 8.0 zeigt. Die untere Grenze stimmt relativ gut, indem wir in den eben erwähnten drei Tabellen nur eine Stufe VI (pH 6.4) etwas nitrifizierend finden und sonst erst von Stufe VII (pH 6.7) Totalnitrifikation konstatieren können. Die obere Grenze scheint auch hier bei pH 8.0—8.1 zu liegen. Bei diesen pH-Werten haben wir zwar in der erwähnten Arbeit nicht so grosse Nitratmengen gefunden wie hier in T—IX oder O—IX. Es scheint aber, dass eben hier an dieser Grenze die Versuche bald positiv bald negativ ausfallen, was wohl z. T. auf der pH-Instabilität der für diese Stufen benutzten reinen $Na_2H\ PO_4$-Lösungen beruhen darf.

Boden Nr. 134 ist in derselben Gegend wie der vorige gesammelt, aber ausserhalb der Kieferkultur, also in reiner Heide. Auch hier ist die Reaktion nur schwach sauer und der sandhaltige, humusreiche Boden produziert bei Lagerung weder Ammoniak noch Nitrate.

Die Impfung zu Ammoniumsulfatlösungen gibt, wie Tabelle Nr. 58 zeigt, nur in den Stufen IX und X Nitratbildung, und in den sauren Stufen finden wir überhaupt keine Spur von Nitraten. Also wiederum ein Beweis für die Verschiedenheit der in alkalischen und der in sauren Lösungen wirkenden Bakterien.

Die Impfung zu Nitritlösungen gibt hier, wie die Tabelle Nr. 59 zeigt, ganz einheitliche Resultate mit einer Oxydation in den Stufen VII—X und also bei pH-Werten 6.7—8.1, nicht aber in den stärker alkalischen Stufen XI mit pH 9.1—9.3. Die untere pH-Grenze liegt hier unzweifelhaft bei ca. 6.5, indem wir in Stufe VI mit pH 6.4 die ersten kleinen Nitratspuren finden und in VII mit pH 6.7 Totalnitrifikation haben. Also hier wiederum eine Nitritoxydation, die bei pH-Werten

< 6.4—6.5 nicht vorgehen kann und daher wohl auf anderen Bakterien beruhen muss als die bei pH 6.2—6.4 in früher erwähnten Versuchen gefundene Totalnitrifikation. Wir können diese Befunde vorläufig nicht anders deuten als ein Beweis für die Existenz zweier nitritoxydierenden Bakterienarten, von denen die eine ihre untere pH-Grenze bei pH = 6.0—6.1 hat, die andere dagegen bei pH = 6.4—6.5.

Moorboden.

Boden Nr. 121 aus einem kleinen Sphagnum Moore bei Söfteland in Os haben wir schon in unserer früheren Arbeit (1921-b) eingehend behandelt. Diese reine Torferde mit ihrer sauren Reaktion (pH 5.6) hat bei Lagern eine recht bedeutende Nitrifikation und zeigte auch in Nährlösungen interessante Verhältnisse. Die mit Erde geimpfte Ammoniumsulfatreihe A hat, wie Tabelle Nr. 60 zeigt, nur Nitratbildung in Stufe X mit $CaCO_3$, nicht aber in IX (reines Na_2HPO_4), deren Reaktion der geimpften Erde wegen auf einen pH-Wert von 6.5 gesunken ist. Die mit A geimpfte Reihe B hat Nitrifikation in IX, indem hier jetzt der pH-Wert 7.5 ist und ausserdem schwache Nitratbildung in VI mit pH 6.7. Bei weiterem Überimpfen mit B zu Reihe H verstärkt sich diese Nitrifikation in VI und IX zu einer fast totalen bez. totalen Oxydation, während unter den anderen Stufen nur die Stufe V mit pH 6.2 eine beginnende Nitratbildung aufweist. Es wurde nun zu Reihe J mit H—VI und zu Reihe K mit H—IX geimpft und, wie die Tabelle Nr. 61 zeigt, mit dem Erfolg, dass wir in J ein Nitrifikationsmaximum ungefähr bei pH 6.2—6.7 und in X nur unbedeutende Mengen finden, während K das Maximum in X und mit Ausnahme von Stufe IX sonst ganz unbedeutende Nitratmengen hat. Die Impfung aus saurer Lösung gibt also Nitrifikation in den entsprechend sauren Stufen der neuen Reihe, die Impfung aus alkalischer Lösung dagegen in entsprechend alkalischen Stufen. Wir dürfen hier wohl folgern können, dass diese Proben zwei verschiedene Nitrifikationsbakterien hat, von denen die eine in saurer Lösung (pH 6.5), die andere in alkalischer Lösung (pH 7.7) optimal das Ammoniak oxydiert.

Arktischer Boden (Spitzbergen).

Von Kapitän THOR IVERSEN wurden uns zwei Bodenproben überlassen, die er auf der kleinen Insel Hopen bei Spitzbergen in August 1924 gesammelt hatte.

Die eine Probe bestand aus einer Mischung von guter mineralreicher Erde und reiner Torferde, die ballenweise in der ersteren lag. Diese zwei wurden gesondert untersucht, und zwar die mineralreiche Erde als Nr. 148, die Torfballen als Nr. 149. Boden Nr. 150 endlich ist Mullboden auch von Hopen-Insel.

Die zu unserer Verfügung stehenden Proben waren nicht gross genug um Nitrifikation und Ammoniakbildung bei Lagerung ausführen zu können, und es wurde daher nur zu Nährlösung in gewöhnlicher Weise geimpft.

Boden Nr. 148 zeigte bei Impfen zu Ammoniumsulfatlösungen lebhafte Nitrifikation in den Stufen VIII—X mit pH 7.0—7.8 und nur schwache Nitratbildung in Stufe XI mit pH 8.0.

Die Nitritlösungen zeigten Oxydation hauptsächlich bei den pH-Werten 7—8, jedoch in der Reihe P auch bei 6.7 und 9.1—9.2 (Tabelle Nr. 62).

Boden Nr. 149 gibt in Ammoniumsulfatlösungen in Reihe C (Tabelle Nr. 63) Nitrifikation bei pH-Werten 6.7—8.0. In Nitritlösungen finden wir hier (Tabelle Nr. 64) Oxydation von pH-Werten 6.7 bis 8.1, und selbst nach mehrmaligem Impfen gelang es hier nicht in Stufe VI (pH 6.4—6.5) Oxydation zu bekommen. Wiederum ein Beweis für die Verschiedenheit der bis pH 6.5—6.6 und der bis pH = 6.0—6.1 als untere Grenze oxydierenden Bakterien.

Boden Nr. 150 nitrifiziert Ammoniumsulfat zwischen pH-Grenzen 6.9 und 8.2, zeigt aber sonst nichts neues.

Die Nitritlösungen geben Oxydation bei pH-Werten 6.7—8.2, nicht aber bei pH 9.0 (Tabelle Nr. 65).

KAP. III.

Übersicht über die Abhängigkeit der Nitrifikation von der H-Ionenkonzentration der Kulturen und die Nitrifikation in Erdboden mit verschiedener Reaktion.

Die Bestimmung der pH-Grenze für die Oxydation von Ammoniumsulfat ist schwierig, vor allem weil die produzierte Salpetersäure (odet salpetrige Säure) und die freigesetzte Schwefelsäure selbst in gebufferten Lösungen die H-Ionenkonzentration vergrössert und über die für die Wirksamkeit der Bakterien existierenden Grenzen hinausschiebt. Auch die Wahl von Puffern bietet Schwierigkeiten, indem viele Puffergemische, die Verbindungen wie Borsäure, Citronensäure u. s. w. enthalten, ungeeignet sind. Brauchbar haben wir daher nur die Puffermischung von KH_2PO_4 und Na_2HPO_4 gefunden, deren PH-Wert zwischen 4.5 und 8.5 variiert werden kann. Leider haben die oberen und unteren Stufen dieser Phosphatreihe nur ein kleines Puffervermögen, und eine für unsere Versuche hinreichende Stabilität findet sich nur bei den pH-Werten (— 6.0) 6.3—7.6 (— 7.8). Brauchbare Pufferlösungen mit pH-Werten zwischen 4 und 6 haben wir nicht gefunden, und auch die Mischung von Phosphat und NaOH die wir für pH-Werte $>$ 8 verwendet haben, ist ihrer Instabilität wegen nur mit der grössten Kontrolle und Kritik brauchbar. Auch macht die Verdampfung von NH_3 bei dieser alkalischen Reaktion Schwierigkeiten.

Die genaue Bestimmung der unteren Grenze für Ammoniumsulfatoxydation ist, der produzierten Säuren wegen, mit Phosphatlösungen bei pH-Werten $<$ 6.0 nicht möglich, indem selbst bei relativ geringer Säureproduktion die H-Ionenkonzentration zu hoch steigt. Bei pH-Werten $>$ 6.0 will auch die Säureproduktion die H-Ionenkonzentration steigern, meist aber erst nach Produktion von gut analysierbaren NO_3-Mengen.

Bei Bestimmung der oberen pH-Grenze muss natürlich auch die Säureproduktion berücksichtigt werden. Hier aber führt diese zu einer Reaktion, die für die weitere Oxydation günstig ist, und die festgestellte obere pH-Grenze ist daher als eine absolute, existierende Grenze zu betrachten.

Die Versuche mit Nitritlösungen bieten uns nicht diese Schwierigkeiten. Die Oxydation von $NaNO_2$ zu $NaNO_3$ hat in der von uns verwendeten Konzentration zu keinen oder unbedeutenden Reaktionsänderungen geführt, und die pH Grenzen sind daher genau feststellbar.

Bei unseren elektiven Versuchen wurde, wie früher erwähnt, zuerst mit 5 Gr. Erde pro Kolbe zu einer Ammoniumsulfat-Reihe A geimpft. Von dieser wurde dann nach etwa 30 Tagen Stufe für Stufe (A—I zu B—I, A—II zu B—II u. s. w.) die neue Reihe B geimpft und weiter in derselben Weise von B zu Reihe C und eventuell von C zu Reihe D. Nachdem die Nitrifikationsfähigkeit bei diesen mit Rücksicht auf die Reaktion und Substrat rein elektiver Kulturen bestimmt worden war, wurde auch von einzelnen Stufen (z. B. von Stufe D—VIII) zu sämtlichen Stufen einer neuen Reihe (z. B. E—I—XII) geimpft, um damit das Oxydationsgebiet dieser einzelnen Bakterie oder Bakterienkultur (D—VIII) festzulegen.

In gleicher Weise wurde mit Erde zu Nitritlösungen in der Reihe N und von dieser stufenweise zu O und weiter zu P, von dieser Reihe dann gewöhnlich mit einer einzelnen Stufe zu R u. s. w. geimpft.

Schon die ersten Ammoniumsulfatreihen (A—B—C— D) zeigen, dass es verschiedene ammoniakoxydierende Bakterien geben muss. Nach dem Ausfall dieser Reihen können wir nämlich die Erdproben zu 4 Gruppen führen. Gruppe A umfasst die Proben, die überhaupt keine Ammoniakoxydation bewirken können. In dieser Arbeit haben wir fünf Proben (Nr. 135—142 — 143 · 144—146) zu dieser Gruppe führen müssen. Zu dieser Gruppe hören aber auch die vielen in unserer früheren Arbeit (1921-a) erwähnten Proben, die in Winogradsky-Lösungen mit $CaCO_3$ nicht oxydieren. Es sind dies vor allem die meisten Heideböden aus West-Norwegen und auch die meisten Böden aus Kieferwald, wo nicht eine mehr reiche Bodenvegetation auf Nitrifikation deutet. Auch die mehr Rohhumus-haltenden Fichtenwaldböden müssen hier gerechnet werden.

Die zweite Gruppe (B) umfasst die Proben, die in den ersten elektiven Reihen nur in der Stufe X mit $CaCO_3$ oder auch in der Stufe IX, also nur in deutlich alkalischen Lösungen, das

Ammoniumsulfat nitrifizieren. Es hören hier nur vier Proben und zwar 2 Heideböden (134 und 124) und zwei Kieferwaldböden (132 und 136).

Die dritte Gruppe (C) umfasst die Proben, die schon in den ersten Reihen (A—B—C) eine totale Oxydation in Stufe VIII mit pH 7.0—7.2, keine solche aber in Stufe VII mit pH 6.7 zeigen Hier hören die Böden Nr. 131 (aus *Convallaria Majalis*-Bestand), 149 (Torfboden von Spitzbergen) und 151 (gebauter Boden).

Ein Übergang zwischen Gruppe B und C bilden die Böden Nr. 141 und 145, die nach wiederholtem Überimpfen in 3 bis 5 Reihen auch etwas bei pH 7.0 nitrifizieren.

Die vierte Gruppe (D) umfasst Proben, die ausser der in alkalischer oder neutraler Lösung stattfindenden Nitrifikation auch in sauren Lösungen (pH $\leqq$ 6.7) das Ammoniumsulfat nitrifizieren. Hier hören nicht weniger als 13 Proben. Von diesen haben einige wenige eine kleine aber sichere Nitrifikation schon bei pH-Werten $<$ 6, die meisten aber erst bei pH $>$ 6. Auch für diese letzteren variiert die untere Grenze. Bei einigen Proben liegt sie relativ hoch, indem sie in Stufe VII mit pH 6.7 lebhaft, nur ganz schwach aber in VI mit pH 6.4—6.5 und gar nicht in V mit pH 6.2 nitrifizieren. Es gilt dies für die stufenweise ausgeführten Impfungen bei Nr. 152 (Tabelle Nr. 22) Nr. 154 (Tabelle Nr. 27), Nr. 128 (Tabelle Nr. 32), Nr. 125 (Tabelle Nr. 31) und Nr. 123.

In anderen Böden findet man schon in den ersten Reihen eine bedeutende Nitrifikation be pH 6.4—6.5, und selbst in Stufe V mit pH 6.2—6.1 haben mehrere dieser Böden Nitrate produziert Hier hören die Böden Nr. 153 (Tabelle Nr. 24), Nr. 121 (Tabelle Nr. 61), Nr. 130 (Tabelle Nr. 29), Nr. 137 (Tabelle Nr. 8), Nr. 139 (Tabelle Nr. 16), Nr. 122 (Tabelle Nr. 5) und Nr. 140 und 147, die nicht in Tabellform aufgeführt worden sind.

Schon diese Einteilung der Böden in Gruppen nach ihrer verschiedenen pH-Grenze in den ersten elektiven Kulturen deutet darauf hin, dass mehrere Nitrifikationsbakterien existieren müssen, die verschiedene Ansprüche an die Reaktion des Mediums machen. Die weiteren Versuche, wobei von einer einzigen Stufe (z. B. D—VIII) zu sämtlichen Stufen einer neuen Reihe (z. B. E—I—XII) u. s. w. geimpft wurde, zeigen dann auch, dass es tatsächlich mehrere Bakterienarten gibt, die das Ammoniumsulfat nitrifizieren können. Beweise hierfür geben eine Reihe Versuche, die hier nicht wieder erwähnt werden können. Sie sind die meisten im vorigen Abschnitt dieser Zusammenfassung diskutierten. Wir werden nur beispielsweise auf die Reihe 123—J in Tabelle Nr. 46 hinweisen. Hier sind alle Stufen mit der nitrifizierenden Kultur 123 - H—IV in gleicher Menge geimpft worden, und jedoch hat in Reihe J nur die Stufe VI eine mehr bedeutende Nitratbildung und Abnahme des pH von 6.5 bis 6.0. Die naheliegende Stufe VII mit pH nur 0.3 Einheiten grösser, hat keine Nitrifikation und praktisch unveränderten pH, und das gleiche gilt für alle alkalisch reagierenden Stufen Die Stufe V mit nur 0.2 Einheiten kleineren pH kann nur $^2/_3$ der in VI produzierten Nitratmenge aufweisen. Es ist höchst auffallend, dass die Nitrifikation derart von der H-Ionenkonzentration abhängig sein soll, dass bei einer Vermehrung des pH-Wertes um 0.3 Einheiten (von 6.5 auf 6.8) also der Verminderung der H-Ionenkonzentration auf die Hälfte eine lebhaft verlaufende Nitratbildung vollständig zum Aufhören bringt.

Ein zweites Beispiel für die Schärfe der pH-Grenzen bietet der Versuch 131-C in Tabelle Nr. 38. Hier sind alle Stufen (I—X) mit gleich grossen Mengen der lebhaft nitrifizierenden Stufe 131—A—VIII geimpft, und jedoch nitrifiziert in C die Stufe VII mit pH 6.7 nicht, die Nachbarstufe VIII mit pH 7.2 dagegen stark. In diesem Falle muss die Nitrifikation eine untere Grenze bei pH 6.7—6.8 haben, und muss daher von einer anderen Bakterie bewirkt werden als die, die in dem oben erwähnten Versuche 123—J bei diesem pH-Werte eben ihre obere Grenze hatte. In beiden Fällen ist das pH-Gebiet 6.7—6.8 ohne nennenswerte Nitrifikation. Mehr verwickelt wird die Sache, wenn man die Versuche mit Probe Nr. 137 betrachtet. Wie die Tabelle Nr. 10 zeigt, gibt hier das Impfen mit A—VIII auch lebhafte Nitrifikation in Stufe VII mit pH 6 7. Wir haben daher in diesem Versuche wahrscheinlich eine Rohkultur von mehreren Bakterien, von denen eine wie in 123—J bei pH 6.4—6.5, eine andere dagegen bei pH 6.7 optimal nitrifiziert. Ausserdem befinden sich hier Bakterien, die bei pH $>$ 7 oxydieren.

Ein Versuch mit ähnlichem Resultat haben wir in unserer früheren Arbeit (1923) mit Boden Nr. 122 durchgeführt, in der jetzt vorliegenden Arbeit in den Tabellen Nr. 5—6—7 rekapituliert und

in Fig. 20 graphisch dargestellt. Durch Impfen Stufe zu Stufe haben wir in Reihe 122—D Nitrifikation in Stufen mit pH-Werten $\leqq$ 6.0 bekommen (Tabelle Nr. 5). Von D wurde zu neuen Reihen J—K—L geimpft, und in diesen fällt der Versuch verschieden aus, je nachdem man mit sauren (D—V), neutralen (D—VIII) oder alkalischen (D—X) Stufen geimpft hat (siehe Tabelle Nr. 6). Die elektive Kultur wurde mit drei neuen Reihen M—N—O fortgesetzt und zwar mit einem auffallenden Resultat. Wie die Tabelle Nr. 7 und die Figur 20 zeigen, hat die Impfung mit der sauren J—VI in M zu einer Nitrifikation geführt, die eine untere Grenze bei pH 6.0—6.1 und ein Maximum bei pH 6.4—6.8 hat. Die Impfung mit der neutralen Stufe K—VIII führt dagegen in N zu einer Nitrifikation mit der unteren Grenze bei pH = 6.5 und Maximum bei pH 6.7—7.0, und endlich führt die Impfung mit der alkalischen Lösung L—X in O zu einer Nitrifikation, die ihr Maximum bei pH-Werten $>$ 7 hat, und deren untere Grenze, wahrscheinlich wegen Beimischung der anderen Arten, nicht genau bestimmbar ist. In diesen verschiedenen pH-Gebieten sind unserer Meinung nach verschiedene Bakterien wirksam.

Andere Versuche mit Ammoniumsulfatoxydation sind in Figur 19 dargestellt. Wie man sieht handelt es sich hier teils um Kulturen, die relativ rein sind, d. h. vorwiegend aus einer Bakterienart bestehen, (123—J Nr. 4 — 1921-b), teils um Mischkulturen mehrerer Bakterien mit verschiedenen pH-Ansprüchen (z. B. 137—C und 154—E).

Im Ganzen haben wir als Resultat unserer Versuche mit Ammoniumsulfatlösungen gefunden, dass die bakterielle Oxydation dieser Verbindung bei pH-Werten $>$ 6.0 von vielleicht 4 verschiedenen Bakterien bewirkt wird.

Die erste dieser Arten, mit dem Buchstaben — γ — bezeichnet, oxydiert zwischen den pH-Werten 6.0 und 6.8 als Grenzen und mit einem pH-Optimum bei 6.5. Die zweite Art, mit — β — bezeichnet, hat ihre untere Grenze bei pH = 6.5, ihr Optimum bei pH 6.7—6.8 und eine obere nicht genau bestimmte Grenze bei 7.2—7.3. Die dritte Art, mit — α — bezeichnet, hat ihr Optimum bei 7.7—7.9 und eine untere Grenze, die wahrscheinlich bei pH 7.0—7.2 liegt. Dazu kommt dann eine vierte nicht so leicht von den anderen trennbare Art, deren Optimum wahrscheinlich bei pH 7.0—7.2 und deren untere Grenze bei pH 6.8 liegt. Hierzu kommt nun eine Ammoniakoxydation bei pH-Werten $>$ 9.0, die wir in einem einzelnen Versuche beobachtet haben, und wahrscheinlich auch eine Oxydation bei pH-Werten $<$ 6.0, wodurch also sich die Zahl der ammoniakoxydierenden Arten auf 6 erhöht.

Die Versuche mit der Nitritoxydation zeigen eine ähnliche Abhängigkeit von der H-Ionenkonzentration. Die ersten Reihen jeder Probe, die nach Impfen mit Erde und fortgesetztem Impfen zwischen Stufen mit gleichgrossen pH-Werten ausgeführt sind, müssen erst kurz erwähnt werden. Auch hier können wir unter den Proben mehrere Gruppen unterscheiden. In der ersten Gruppe (A) geben die ersten Reihen (N—O—P) Nitritoxydation nur von Stufe VIII mit ihr pH 6.9—7.3 aufwärts und nicht Oxydation in Stufe VII mit pH 6.6—6.7. Die Böden Nr. 136, 142 und 145 gehören hier. Die zwei ersten sind Rohhumusböden aus Kieferwald, die letzte Mullboden aus Eichenwald. Bei fortgesetztem Impfen mit einzelnen Stufen zu ganzen Reihen geben diese Böden eine kleine Nitrifikation auch in Stufe VII und in einem Falle (Nr. 136) nach vielen Überimpfungen bis pH 6.2 herab.

Die zweite Gruppe (B) umfasst Böden, die schon in den ersten Reihen (N—O—P) eine lebhafte Nitritoxydation in Stufe VII (pH 6.5—6.7), nicht aber in Stufe VI (pH 6.3—6.4) haben. Es gehören hier eine Reihe Böden Nr. 128, 130, 133, 134, 140, 141, 146, 147, 148, 149 und 150. Bei allen diesen Böden haben fortgesetzte elektive Kulturen, wobei ganze Reihen mit einer einzigen Stufe geimpft wurden, in keinem Falle zu Nitritoxydation in saureren Stufen als VII (pH 6.5—6.7) geführt, und es muss daher als sichergestellt angesehen werden, dass wir hier bei pH 6.5 eine untere Grenze für diese Nitrifikation haben. Mit Rücksicht auf diese Grenze stehen diese Böden im schroffen Gegensatz zu den Böden der dritten Gruppe (C), die schon in den ersten Reihen (N—O—P) auch in Stufe V (pH 6.1—6.2) oder allenfalls in Stufe VI (pH 6.3—6.4) lebhaft nitrifizieren. Diese Böden geben auch in allen weiteren Reihen, auch in denen die mit einzelnen Stufen geimpft wurden, lebhafte Nitritoxydation bei pH-Werten 6.1—6.2—6.3. Nicht weniger als 4 von

den 5 hier gehörenden Bodenproben sind in gebautem Erdboden auf derselben Lokalität (Tveit in Rogaland) gesammelt.

Es ist höchst wahrscheinlich, dass diese Oxydation bei pH-Werten kleiner als 6.5 von der oben erwähnten Oxydation mit unterer Grenze bei pH 6.5 verschieden ist, d. h. durch verschiedene Bakterien bewirkt wird.

Bei vielen Böden finden wir eine ausgeprägte Verschiebung des Nitrifikationsgebietes, je nachdem die Reihen mit sauren oder alkalischen Stufen geimpft worden sind. Die Tabelle Nr. 52 zeigt wie die Reihe 143—R, die mit der sauren Stufe P—VI (pH 6.4) geimpft ist, eine beinahe totale Oxydation bis Stufe V (pH 6.2) hinab hat, während die mit der alkalischen P—X geimpfte Reihe 143—S nur bis Stufe VII (pH 6.7) oxydiert. Ganz entsprechende Resultate geben die Versuche mit Boden Nr. 152, die in Tabelle Nr. 23, und mit Boden Nr. 153, die in Tabelle Nr. 26 aufgeführt sind. In allen diesen Versuchen finden wir eine Verschiebung aufwärts in der pH-Skala von der unteren Grenze der Nitritoxydation, je nachdem man von Lösungen mit steigender Alkalität impft. Auch die obere pH-Grenze unterliegt hierbei häufig einer Verschiebung. So hat die Reihe 152—S Totaloxydation in Stufe XII mit pH $>$ 9, während die Reihe 152—R nur bis Stufe XI mit pH 8.3 nitrifiziert. (Tabelle Nr. 23). Im allgemeinen scheint die Impfung mit Stufe V nur Oxydation bis Stufe XI (pH 8.1—8.3) zu geben und nur ausnahmsweise, wie in 154—U, auch in Stufe XII mit pH 9.3. Bei diesem letzten Boden kam nach Impfen aus der sauren Lösung P—IV (pH 6.0) in 154—T Oxydation nur in Stufen V—VIII mit pH-Werten 6.2—7.0, und die bei pH-Werten $\leqq$ 8 wirksamen Bakterien sind daher hier ausgeschaltet worden. Es scheint also, als ob die bei pH-Werten $>$ 8 stattfindende Nitritoxydation eine andere sein muss als die, die bei pH $<$ 8 vorgeht. Weitere Versuche, besonders mit Boden Nr. 137, bestätigen diese Annahme. Aus der Tabelle Nr. 14 geht hervor, dass die Reihe 137—NY, die mit der sauren NW—VI (ph 6.4) geimpft ist eine Nitritoxydation in allen Stufen VI—XII, also bei pH-Werten 6.4—9.6, gegeben hat. Die Reihe OP dagegen, die mit der alkalischen Stufe NW—XI (pH 8.9) geimpft wurde, zeigt Nitritoxydation nur in den Stufen X und XI mit pH-Werten 8.2—8.8 (siehe Fig. 21). Es darf wohl daraus geschlossen werden, dass die bei pH Werten $<$ 8 und die bei pH-Werten $>$ 8 wirkenden Bakterien verschiedene Arten sein müssen.

In derselben Weise ist es in anderen Versuchen gelungen relativ reine Kulturen der bei ungefähr neutraler Reaktion nitritoxydierenden Bakterien zu gewinnen. In Tab. Nr. 49 sind vier Versuche mit Probe Nr. 136 zusammengestellt. Hier gibt Reihe Ø, die mit U—VII geimpft ist, Totaloxydation nur in Stufe VIII mit pH 7.1 und keine Oxydation in den anderen Stufen selbst nicht in Stufe VII mit pH 6.7. Fortgesetztes Impfen von Ø—VIII zu Reihe NS gibt aufs Neue nur Oxydation in Stufe VIII (pH 7.2). Es enthalten also in diesen Fällen die zum Impfen benutzen Lösungen nur Bakterien, die bei einem sehr begrenzten pH-Interval (pH ca. 7.0—7.2) nitrifizieren können, und wahrscheinlich beruht daher die bei diesen pH-Werten stattfindende Nitritoxydation auf einer besonderen Bakterie. Dass diese Kultur aber nicht ganz rein ist, zeigen die weiteren Versuche, wobei wir z. B. in NT auch Oxydation bei pH-Werten 6.7 und 8.3 finden, und 136—OU (Tabelle Nr. 50) wo Impfen mit OT—VIII eine Oxydation bei ph-Werten 6.2—9.2 gibt. Eben hierdurch wird aber bewiesen, dass die in nur einer einzigen Stufe (VIII) nach Impfen mit entsprechender Stufe (VIII) der vorangehenden Reihe gefundene Oxydation *nicht auf einer schnell erzeugten Anpassung der Bakterien* an der H-Ionenkonzentration dieser Stufe beruhen kann, sondern vielmehr *eine durch elektive Kultur bewirkte Auslese* der nur bei dieser Reaktion wirkenden Bakterien sein muss. Hätte es sich hier um Anpassung — Modifikationen — gehandelt, wäre es unverständlich, dass die Impfung aus Stufe VIII auch so häufig bei vielen verschiedenen ph-Werten, wie oben bei pH 6.2—9.2, Oxydation geben kann. Dies muss unserer Meinung nach darauf beruhen, dass die Kulturen *Mischkulturen* mehrerer Bakterien sind, und dass wir nur in einigen besonders wohlgelungenen elektiven Kulturen eine einzelne Art relativ rein ausgelesen haben, in den meisten Fällen dagegen mit Mischkulturen weiter impfen.

Die oben erwähnten Versuche haben zusammen mit vielen anderen, die hier nicht näher besprochen werden können, gezeigt, dass eine Nitritoxydation vorkommt, die bei pH-Werten 7.0—7.3 nicht aber bei pH-Werten 6.7—6.8 stattfindet. (Siehe auch Probe 129—S in Tabelle Nr. 35). Die

von uns früher (1921-b) beschriebene Nitritoxydation, die zwischen den pH-Grenzen 6.5—7.8 und bei pH-Werten 6.8—7.3 optimal verlief, kann daher nicht einheitlicher Art sein. Es ist höchst wahrscheinlich, dass innerhalb dieser pH-Grenzen zwei verschiedene Bakterien wirksam sind, und zwar eine Art, mit — b — bezeichnet, die bei pH 6.5 ihre untere Grenze und bei pH 6.8 ihr Optimum hat, und eine zweite Art — c —, die bei pH 6.8—6.9 ihre untere Grenze, bei pH 7.0—7.3 ihr Optimum und bei pH 7.7—7.9 ihre obere Grenze hat. Hierzu kommt, wie andere Versuche zeigen, eine dritte Bakterie — a —, die eine untere Grenze bei pH 6.0 und ein Optimum bei pH 6.3–6.4 hat. Vielleicht gibt es auch eine Bakterie, die bei pH 7.6—7.9 gut oxydiert, diese haben wir aber nicht einmal annähernd rein züchten können. Es ist aber gewiss eine Bakterie — d —, die bei pH 8.0 ihre untere Grenze, bei pH 8.2—8.4 ihr Optimum und bei pH 8.7—8.9 ihre obere Grenze hat. Und endlich gibt es wohl auch eine oder vielleicht zwei Arten, die bei pH-Werten $\leqq$ 9 oxydieren, und von denen die eine Art vielleicht bei pH (9.2–) 9.4 ihre obere Grenze hat.

Wenn die in einigen Versuchen bei pH-Werten ca. 5.5 gefundene Nitritoxydation auch einer speziellen Art zugeschrieben wird, haben wir also im Ganzen vielleicht 6—7 verschiedene nitritoxydierende Bakterien, die alle ganz bestimmte Ansprüche an die H-Ionenkonzentration haben und nur innerhalb relativ engen pH-Grenzen wirksam sind.

Unsere Versuche führen also zu dem Resultat, dass die bakteriel'e Ammoniak- und Nitritoxydation von einer Reihe Bakterienarten ausgeführt wird, die im hohen Grade an einer bestimmten H-Ionenkonzentration angepasst und von dieser Abhängig sind. Dass diese Abhängigkeit derart streng ist, dass die pH-Intervalle, innerhalb welcher die einzelnen Arten wirken, häufig nur 0.5 pH-Einheiten umfassen, wird vielleicht überraschen. Wir haben aber aus unseren zahlreichen Versuchen nur diese Schlussfolgerung ziehen können, und ein Interpretieren der Versuchsresultate in anderer Weise, die z. B. die verschiedenen Arten nur als Modifikationen durch die Kulturversuche hervorgerufen deutet, scheint uns aus früher erwähnten Ursachen allenfalls vorläufig nicht möglich. Der entgiltige Beweis kann natürlich nur durch absolute Reinkulturen gebracht werden. Unsere Versuche, die einzelnen Arten auf festem Substrat rein zu züchten, haben in mehreren Fällen auf gepuffertem Agar (besonders Nitritagar) zu Bakteriekulturen geführt, die wohl als die erwünschten Nitrifikanten anzusehen sind, die aber bei fortgesetzter Züchtung in Nährlösung nicht oder nur schwierig weiterzubringen sind und daher für entscheidende Nitrifikationsversuche nicht brauchbar waren. Einer von uns (Hagem) hofft nach fortgesetzten Untersuchungen auf diese Verhältnisse zurückkommen zu können.

In einer früheren Arbeit (1923) haben wir die von uns damals gefundenen optimalen Reaktionsgebiete für Nitrifikation diskutiert und auf die Nichtübereinstimmung unserer Resultate mit den Befunden MEYERHOFS hingewiesen.

Es ist aber jetzt nach unserer vorgelegten Untersuchungen ganz klar, dass hier keine Nichtübereinstimmung vorliegt. Die in unseren Versuchen jetzt gefundenen Bakterien, die bei pH-Werten $>$ 8 oxydieren, sind ohne Zweifel mit der Bakterienart oder den Bakterienarten identisch, die MEYERHOF in seinem Versuche mit Nitritoxydation bei pH 8.4—9.3 wirksam fand.

Und endlich nähern wir uns mit der in Versuchen bei pH-Werten $\leqq$ 9.6 gefundenen Oxydation auch der von MEEK und LIPMAN (1922) bei pH 12—13 beobachteten Nitrifikation.

Es ist nun auch höchst wahrscheinlich, dass man mit geeigneten Pufferlösungen eine Nitrifikation bei noch niedrigeren pH-Werten als in unseren Versuchen beobachtet finden können. GERRETSEN (1921) setzt die untere Grenze für Nitrifikation bei pH 3.9—4.5. Er hat eine Reihe Versuche durch Impfen mit Erde zu Nährlösungen ausgeführt. Es scheint aber, als ob er nur einmal (mit Erde) geimpft hat und die Versuche nicht durch elektive Kulturen weitergeführt hat, und es ist uns auch nicht klar, ob er die Reaktion der Nährlösungen bevor oder nach Impfen mit Erde bestimmt hat. Im ersteren Falle sind seine pH-Werte ohne Bedeutung, weil ja die H-Ionenkonzentration der Nährlösung sich durch Impfen mit Erde sehr stark ändern kann. Der relativ kurzen Beschreibung der Versuche wegen sind wir nicht im Stande seine Versuchsbedingungen und seine Resultate mit den unseren zu vergleichen.

Die von uns beobachtete Nitrifikation in Nährlösungen hat also im allgemeinen ihre untere Grenze bef einem pH-Wert = 6.0. Dieses Resultat stimmt mit der Tatsache, dass nur in schwach

sauer oder neutral bis schwach alkalisch reagierenden Böden eine mehr lebhafte Nitrifikation gefunden wird. Ausnahmen gibt es aber wie bekannt auch hier. FRED und GRAUT berichten (1916) über Nitrifikation in ausgeprägt sauren Böden, leider ist aber ihre Arbeit ohne pH-Angaben und eine genaue Bestimmung der Reaktion dieser Böden daher unmöglich.

Aus Skandinavien und Nachbarländern sind aber viele Beispiele für Nitrifikation in sauren Böden, mit aktuellem pH bis 3.6—4, bekannt (C. OLSEN, BARTHEL, WEIS, CLARKE), und selbst haben wir lebhafte Nitrifikation in einem Boden mit aktuellem pH 4.5 gefunden (Probe Nr. 141). Diese Probe — Sandboden aus Fichtenwald — hatte ein Gehalt von 47.6 Mgr. und nach 30 Tagen Lagerung 119 5 Mgr. NO_3 pro 1000 Cm^3 Boden. Die elektiven Kulturen in Nährlösung zeigten, dass diese Probe von Ammoniumsulfatoxydierenden Bakterien nur diejenigen enthielt, die bei einem pH $>$ 7 oxydieren, und selbst in der dritten Reihe (C) kamen keine Spuren von Nitrifikation bei pH-Werten $<$ 6.7 und bis 5 hinab. Von nitritoxydierenden Bakterien wurden nur solche gefunden, die bei pH-Werten (6.5—) 6.7—8.4 wirksam sind, keine aber die bei einem pH-Wert $<$ 6.4 und bis 5.5 hinab oxydieren. Entweder beruht daher der Nitratgehalt dieser Boden auf Bakterien, die bei pH-Werten $<$ 5 arbeiten oder aber dieser Boden enthält so viele „Centren" mit schwach saurer oder neutraler Reaktion, dass die nachgewiesenen Nitrifikationsbakterien in diesen wirksam sein können. Es stellt sich daher die Frage: Hat der aktuelle pH-Wert eines Bodens so wie man ihn in wässeriger Bodenaufschwemmung bestimmt, für die Nitrifikation überhaupt eine Bedeutung? Unsere Versuche haben hier unserer Meinung nach gezeigt, dass diesem Wert für die Nitrifikationsfähigkeit des Bodens keine allzu grosse Bedeutung zukommt. Auf der einen Seite finden wir Proben mit einem pH-Wert $>$ 6, die jedoch nicht nitrifizieren. Unter den gut nitrifizierenden Proben sind auf der anderen Seite mehrere, deren aktueller pH sich dem Wert 5 nähert und wie oben erwähnt auch eine mit pH 4.5, und ohne Zweifel gibt es häufig recht sauer reagierende Böden, die lebhaft nitrifizieren. In diesem letztem Falle stellt sich die Frage, ob die Nitrifikation wirklich in einer stark sauren Bodenflüssigkeit vorgeht, oder ob in derart sauren Böden Mineralpartikeln basischer Art vorkommen, die als Centren für schwach saure oder neutrale Erdbodenpartiklen dienen können und daher den bei pH-Werten $>$ 6 arbeitenden Bakterien die Nitrifikation ermöglichen. ARND hat schon in seinen Publikationen darauf aufmerksam gemacht, dass in Böden mit zugesetztem $CaCO_3$ „Kalknester" vorkommen können, die für die Nitrifikation Bedeutung haben.[1]) Unserer Meinung nach haben wahrscheinlich basische Mineralpartikeln überhaupt für die Nitrifikation in saurem Erdboden grosse Bedeutung, selbst wenn man auch von der Existenz von Bakterien, die bei pH-Werten $<$ 5 nitrifizieren, nicht absehen kann. Es fällt aber ausserhalb des Ramens dieser Arbeit die vielen im Erdboden für die Nitrifikation bedeutungsvollen Faktoren zu diskutieren. Wir haben von diesen Faktoren vorläufig nur die H-Ionenkonzentration herausgegriffen und die Bedeutung dieser für die Nitrifikation in Flüssigkeiten (Nährlösungen) zu bestimmen gesucht.

Mit den hier gewonnenen Resultaten als Grundlage hoffen wir später auf die Frage nach der Nitrifikation in dem Boden selbst zurückzukommen.

[1]) Beim Drucklegen finden wir in einer uns zuerst entgangenen Arbeit von HALL, MILLER and GIMINGHAM (Nitrifikation in acid soils — Proceedings of the Royal Society of London, Series B, Vol. LXXX, 19.8) diese Gedanken schon deutlich ausgesprochen. Die Verfasser diskutieren in ihrer Arbeit eben die Möglichkeit, dass sich verschiedene Processe in denen an Bodenpartikelen filmartig anhaftenden Flüssigkeitsschichten in anderer Weise verlaufen kann als sonst in den betreffenden Boden und meinen, dass basisch reagierende Bodenpartikeln in dieser Weise für den Verlauf der Nitrifikation in saurem Erdboden grosse Bedeutung zukommen.